



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço
Especialização em Processos Geológicos

Dissertação

**Cartografia e estrutura dos calcários ornamentais da região de
Beheda. Implicações para a exploração.**

Autor
Helio da Costa Cristovão

Orientador:
Pedro Miguel Nogueira

Co-Orientador:
Joaquim Luís Galego Lopes

Dezembro 2011

Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço
Especialização em Processos Geológicos

Dissertação

**Cartografia e estrutura dos calcários ornamentais da região de
Beheda. Implicações para a exploração.**

Autor
Helio da Costa Cristovão

Orientador:
Pedro Miguel Nogueira

Co-Orientador:
Joaquim Luís Galego Lopes

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada momento vivido, pelas pessoas que conheci e me ajudaram na caminhada.

Expresso os meus agradecimentos a todas as pessoas ligadas ao Departamento de Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Em primeiro lugar, um agradecimento muito especial ao meu orientador científico, Professor Doutor Pedro Nogueira pelo apoio, incentivo, paciência, e principalmente pelo conhecimento transmitido, muito obrigado. Ao co-orientador Professor Doutor Luis Lopes pelo apoio importantes discussões e correcções fundamentais para o desenvolvimento da dissertação.

O governo de República de Timor Leste pelo Bolsa de Estudo a programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, especialidade em Processos Geológicos através de cooperação entre a Secretaria de Estado dos Recursos Naturais (SERN) de Timor Leste e a Universidade de Évora.

Aos Professores: Professor Doutor Rui Dias, Professor Doutor Alexandre A. Araujo, Professor Doutor Jorge Pedro, Professor Doutor Manuel Francisco, Professor Doutor Pedro Madureira e outros professores do Departamento de Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora pelas contribuições durante a minha estudo.

A todos profissionais que compõem o Laboratório da universidade de Évora, em especial Mana Sandra e André que ensinaram primeira vez prática laminas delegadas. E todos funcionários no Laboratório Nacional de Geologia para as contribuições durante escrever a nossa dissertação.

Agradecimento a equipa do campo grupo de Manatuto, Aquiles Freitas, Nene Cristóvão, Henrique Gusmão Pereira pelo profissionalismo e dedicação no desenvolver dos trabalhos.

Agradecimento a Irmaun Aquiles Freitas pelas discussões, incentivo e apoio momento difíceis cartografia na montanha todo dia durante pesquisa do campo.

Agradecimento aos amigos de grupo bolsheiro SERN, Apolinário Alves, Gabriel Aparício, Felix Jones, Valente Ferreira, Vital Vilanova e Ilce Hanjam.

À minha mulher Lia Suryani e a minha filha Maria Angel Heliani da Cruz, pela importante apoio e pela compreensão quando eu estava tão perto e ao mesmo tempo tão longe.

Aos meus pais Jose Valente da Cruz e a minha mãe Alcina da Costa Cristóvão, aos meus sogros e inestimável família pelo oração

Agradeço a todos que contribuíram, seja de forma direta ou indireita para o desenvolvimento e concretização desta dissertação.

Cartografia e estrutura dos calcários ornamentais da região de Beheda. Implicações para a exploração.

RESUMO

Com este trabalho procurou-se aprofundar a cartografia e a estrutura da área estudada. Considerou-se fundamental neste estudo o aprofundamento da informação geológica acerca das rochas com valor económico na região de Beheda, nomeadamente dos calcários e mármore aflorantes.

Os resultados obtidos permitem melhorar o detalhe da cartografia existente, marcando os afloramentos e os limites das rochas e unidades geológicas encontradas: calcários; mármore, peridotitos, epidotitos, argilitos e arenitos, conglomerados, etc. De marcante importância foram a descoberta de lavas em almofada próximo da zona de contacto entre rochas sedimentares com as rochas ígneas da Formação Aileu.

A cartografia detalhada permitiu também ter uma melhor percepção da estrutura e do potencial para exploração económica quer dos mármore da região de Behau, quer dos calcários aflorantes na região de Beheda.

Palavra-chave: *Cartografia estrutural, Calcários e Mármore, Geologia, Económica, Beheda Timor-Leste.*

Mapping and structure of ornamental limestone of the Beheda region. Implications for exploration.

ABSTRACT

With this work it is expected to deepen the cartography and structure of the studied area. It was considered crucial in this study the deepening of geological information about the rocks with economic value in the region, particularly the limestones and marbles.

The results obtained allow to improve the details of the existing cartography, marking the outcrops and the limits of the rocks and the geological units found: calcareous; marbles, peridotite, epidotite, shales and sandstones, conglomerates, etc. Of striking importance was the discovery of Pillow lavas near the contact zone between sedimentary rocks with the igneous rocks of Aileu Formation.

The detailed cartography allowed also to have a better perception of the structure and potential for economic exploitation of the Behau region marbles, and of the outcrops of the limestones of Beheda region.

Key-words: *Cartography, Structure, Limestones and Marbles, Geology, Economic , Beheda Timor-Leste*

Índice

Resumo	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
I.1. Introdução	1
I.2 Objectivos	2
II. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO	3
II.1. Enquadramento Geográfico	3
II.1.1. Localização da Área Estudada	3
II.1.2. Clima.....	3
II.1.3. Relevo	3
II.1.4. Rede Hidrografica.....	6
II.2. Enquadramento Geológico Regional de Timor Leste	7
II.3. Estrutura Regional e enquadramento de Timor-Leste.....	8
II. 4. Modelos Tectónicos para a estrutura de Timor	10
II.5. Estratigrafia	12
II.6. Tectonica Regional timor.Leste.....	12
II. 7. A descrição geológica da área em estudo	17
II. 7. 1. Potencialidades das unidades alóctones	17
II. 7. 2. Potencialidade Das Unidades Autoctónes	21
III. METODOLOGIA DE TRABALHO	25
III.1. Pesquisas Bibliográfica e Levantamento Cartográfico	25
III.2. Estudo de Campo e Amostragem	25
III.3. Análises Petrográficas	26
III.4. Tratamento dos Dados e Escrita da Tese	27
IV. RESULTADOS OBTIDOS	28
IV.1. Introdução: Litostratigrafia da região de Beheda.....	29
IV. 2. Descrição Cartografica das Unidades Alóctones	29
IV. 3. Os Mármore.....	433
IV.4. Descrição Cartografica das Unidades Autoctónes	41
IV.5. Estrutura geológica da área em estudo	50
IV. 6. Petrografia.....	59
V. CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Localização da área estudada.	4
Figura 2.2 - As áreas mais alto em Timor Leste.	5
Figura 2.3 - O monte Hilimano, o ponto mais alto na área estudada.	5
Figura 2.4- Rede Hidrografica em Timor-Leste.	7
Figura 2.5 - Carta geológica simplificada de Timor Leste (adaptada de Audley-Charles, 1968).	8
Figura 2.6 - Esquema geológico estrutural da região de Timor Leste. (Adaptada de Audley-Charles, 2004)	9
Figura 2.7 - O modelo de imbricação, adaptado de Fitch & Hamilton (1974).	10
Figura 2.8 - A estrutura de Timor-Leste. O modelo de carreamento, (adaptada de Audley-Charles et al, 1976).	11
Figura 2.9- A estrutura de Timor-Leste. O modelo cavalgamento, (adaptada de Chamalaun & Grady, 1978)	12
Figura 2.10 - Representação esquemática, sem escala, da evolução tectónica regional, desde o início do Mesozóico à actualidade. Encontra-se representada a Australia, Sunda Land, mar de Banda, e Timor.	16
Figura 2.11- Coluna estratigrafica de Audley-Charles,1968	19
Figura 2.12- Coluna estratigrafica de Audley-Charles,1968	20
Figura 2.13- Coluna estratigrafica de Audley-Charles,1968	22
Figura 2.14- Coluna estratigrafica de Audley-Charles,1968	23
Figura 3.1- Mapa das observações litológicas realizadas	28
Figura 4.1- Anfibolito	30
Figura 4.2 – Basalto	31
Figura 4.3 – Gabro	31
Figura 4.4 - Epidotito	32
Figura 4.5 – Peridotito	32
Figura 4.6 - Basalto (Lavas almofada)	333
Figura 4.7 - Calcário creme com ferro e manganés	34
Figura 4.8- Calcário creme	34
Figura 4.9 - Calcário creme com amonites, à esquerda e com crinóides, à direita.	34
Figura 4.10 - Calcário vermelho com crinóides	35
Figura 4.11 - Mármore impuro na aldeia de Behau.	37
Figura 4.12 - Mármore impuro na aldeia de Behau.	37
Figura 4.13 - Mármore creme na “aldeia Mármore”	38
Figura 4.14 - Mármore impuro na “aldeia Mármore”	38

Figura 4.15- Mármore impuro na aldeia Mármore.	39
Figura 4.16- Mármore branco na aldeia Mármore.	39
Figura 4.17 - Mármore impuro na aldeia Mármore.	40
Figura 4.18 - A, B, C e D, mármore impuros na região do Subao Pequeno (Kiik).	41
Figura 4.19 - A e B mármore branco no monte do Ilimano.	41
Figura 4.20- Mármore vermelho no NW do suco Ilheu.	42
Figura 4.21 - Mármore venado cinzento e branco no NW do suco Ilheu.	42
Figura 4.22 - Coluna estratigrafia na área estudada.	44
Figura 4.23- Conglomerado em cima da alternância arenito e argilito.	44
Figura 4.24- Argilito com fendas arenitos e tem gesso no topo.	45
Figura 4.25 – Camadas arenitos dentro do argilitos.	45
Figura 4.26 – Camadas arenitos dentro do argilitos.	45
Figura 4.27- Alternância conglomerado e arenitos ao longo de mar Beheda.	46
Figura 4.28- Alternância conglomerado e arenitos ao longo de mar Beheda.	46
Figura 4.29- Afloramento Alternância conglomerado e arenitos 1 km de mar de Beheda para sul.	47
Figura 4.30 Aluvioes.	47
Figura 4.31 Projecção dos dados da estratificação (S0) da área do trabalho na Formação Aileu no programa Georiente estão representados os polos das 135, a média obtida é N 321°; 74° E.	47
Figura 4.32 Diagrama de contornos de densidade, a partir da projecção dos 22 eixos das dobras. O valor médio obtido é 26°, 138°.	47
Figura 4.33 - Eixo de dobra em argilitos na ribeira Luli Beheda.	51
Figura 4.34- Eixo de dobra nos calcarenitos na ribeira Luli Beheda.	51
Figura 4.35 – Eixo de dobra nos gabros e anfíbolitos no Subão Grande.	52
Figura 4.36 – Eixo de dobra nos mármore impuros na “aldeia Mármore”.	52
Figura 4.37 – Eixo de dobra em gabros e anfíbolitos na aldeia Behau.	53
Figura 4.38 – Eixo de dobra em gabros, anfíbolitos e mármore impuros na “região mármore”.	53
Figura 4.39 – Eixo de dobra em gabros e anfíbolitos na região Subão Kiik.	54
Figura 4.40 – Eixo de dobra em mármore impuro no monte do Hilimano.	54
Figura 4.41 – Mapa geológico e estrutural com representação das falhas e estratificação.	56
Figura 4.42 – Mapa geológico e estrutural com representação das falhas e eixo de dobras.	56
Figura 4.43 – Mapa geológico e estrutural – Cortes geológico esquemáticos.	56
Figura 4.44 – Mapa cortes geológico esquemáticos da área estudada.	56
Figura 4.45- Classificação de rocha máficas (a) e ultramáficas (b) (Streckeisen, 1976).	59
Figura 4.46 – (A) Anfíbolitos com nicóis cruzados e (B) com nicóis paralelos.	60
Figura 4.47– (A) Gabro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).	61
Figura 4.48– (A) Peridotito com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).	62

Figura 4.49 – (A) Epidotito com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).	63
Figura 4.50 – (A) Mármore impuro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).....	64
Figura 4.51 – (A) Mármore impuro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).....	65
Figura 4.52– (A) Calcário creme com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).....	66
Figura 4.53 – (A) Calcário vermelho com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP). ...	67
Figura 4.54 – (A) Conglomerado com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).	68

Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Estratigrafia segundo Gageonnet & Lemoine (1958).	13
Tabela 2.2 - Comparação e correlação entre as designações e idades das formações geológicas de Timor Leste segundo Audley-Charles (1968) e Azeredo Leme (1968).....	14
Tabela 4.1- Os dados da estratificação (So) da área do trabalho na Formação Wailuli.	50
Tabela 4.2- Os dados da estratificação (So) da área do trabalho na Formação Suai.	50

I. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

I.1. Introdução

Este trabalho constitui a “Dissertação de Mestrado”, obrigação académica essencial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências da Terra da Atmosfera e do Espaço (CTAE) da Universidade de Évora.

A dissertação de Mestrado desenvolvida pelo autor aborda os trabalhos de cartografia e estrutura geológica da região Beheda, contribuindo para o entendimento e posterior avaliação das potencialidades económicas dos calcários e rochas ornamentais aflorantes na área em estudo. Beheda é uma pequena aldeia localizada na estrada nacional de Dili para os distritos a Leste (Manatutu, Baucau, Viqueque e Lospalos), cerca de 10 km a oeste de Manatuto.

A cartografia de Audley-Charles publicada em 1968, indica que nesta área afloram as Formações de Aileu, Maubisse e WaiLuli. Para este autor as duas primeiras são unidades alóctones datadas do Pérmico e assentam sobre a Formação WaiLuli, autóctone e datada do Triásico superior – Jurássico médio.

Trabalhos mais recentes (Carvalho & Lisboa, 2005) referem que na região Beheda ocorrem afloramentos de calcários muito pouco fracturados, com potencialidades do ponto de vista ornamental e industrial.

Este trabalho foi realizado durante seis meses (início de março a final de agosto de 2011), tendo sido financiado pela Secretaria de Estado dos Recursos Naturais de Timor-Leste (SERN). Os trabalhos foram orientados pelos professores Pedro Nogueira e Luís Lopes, do Departamento de Geociências da Universidade de Évora.

I.2 Objectivos

Os objectivos desta dissertação consistem:

1. Realização da cartografia geológica da região de Beheda à escala 1:25.000;
2. Efectuar um levantamento detalhado das unidades geológicas presentes na região em estudo;
3. Analisar os resultados obtidos à luz da cartografia de recursos mineiras sobretudo no que diz respeito a implicações destas rochas para o seu aproveitamento como rochas industriais e ornamentais;
4. Compreender as relações das unidades geológicas aflorantes na área em estudo com a evolução geodinâmica de território Timor Leste;
5. Melhorar o conhecimento geológico da região Beheda para futuro planeamento da exploração dos Recursos Naturais, especialmente em rochas ornamentais mas não só, a ocorrência de cromite e magnetite na área estudada são indicadores claros que também podem ocorrer recursos minerais metálicos com interesse económico.

II. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

II.1. Enquadramento Geográfico

II.1.1. Localização da Área Estudada

O estudo apresentado neste trabalho foi realizado na região de Beheda, uma pequena aldeia localizada na estrada nacional que liga a capital Dili (Fig. 1) com os distritos orientais de Timor-Leste (Manatuto, Baucau, Viqueque e Lospalos). Administrativamente esta aldeia faz parte do suco Uma Kaduak, subdistrito Lacle e distrito de Manatuto. Manatuto é um dos 13 distritos administrativos de Timor-Leste, localizado na zona central do país, abarcando a costa norte e sul da ilha. A norte confina com o mar do Estreito de Wetar a nascente com os distritos de Baucau e Viqueque, a sul com o Mar de Timor e a poente com os distritos de Manufahi, Aileu e Díli.

II.1.2. Clima

O clima da ilha de Timor apresenta uma temperatura média anual superior a 21° C, e cerca de 80% de humidade. No entanto, o clima varia de região para região, devido à influência preponderante das diferentes altitudes. No litoral é quente e húmido, não se registando temperaturas muito altas e oscilando as médias dos mínimos e dos máximos entre os 19 e os 31 °C. Na zona central, o clima é frio, com temperaturas agrestes nas altas montanhas, como por exemplo em Maubisse e Fatu- Berlico, onde se registam temperaturas mínimas na ordem dos 4 °C. Nesta zona as médias dos mínimos e dos máximos são de 17 e 29°C. As temperaturas médias mensais mais elevadas registam-se nos meses de Novembro a Abril. A humidade relativa é elevada durante todo o ano e oscila entre os 70% e 90%. Na área estudada as temperaturas situam-se entre os 21 a 32 °C, e a humidade resultante da proximidade do mar também é elevada, Soares (1957).

II.1.3. Relevo

A ilha de Timor apresenta os picos mais altos no centro do país, que é constituído por uma cadeia montanhosa. A crista central de Timor manifesta-se de forma mais evidente na zona oeste, onde a cadeia montanhosa chega a atingir 2960 m no pico do Ramelau e 2340 m no monte Cablaque, Soares (1957).



Figura 2.1 - Localização da área estudada.

Na zona oriental do País o relevo mais alto é o monte Matebian que atinge os 2370 m e o Mundo Perdido com altura máxima de 1770 m. Na área estudada o monte Hilimano com 987 m é a elevação mais alta (Fig.2.3), Soares (1957).

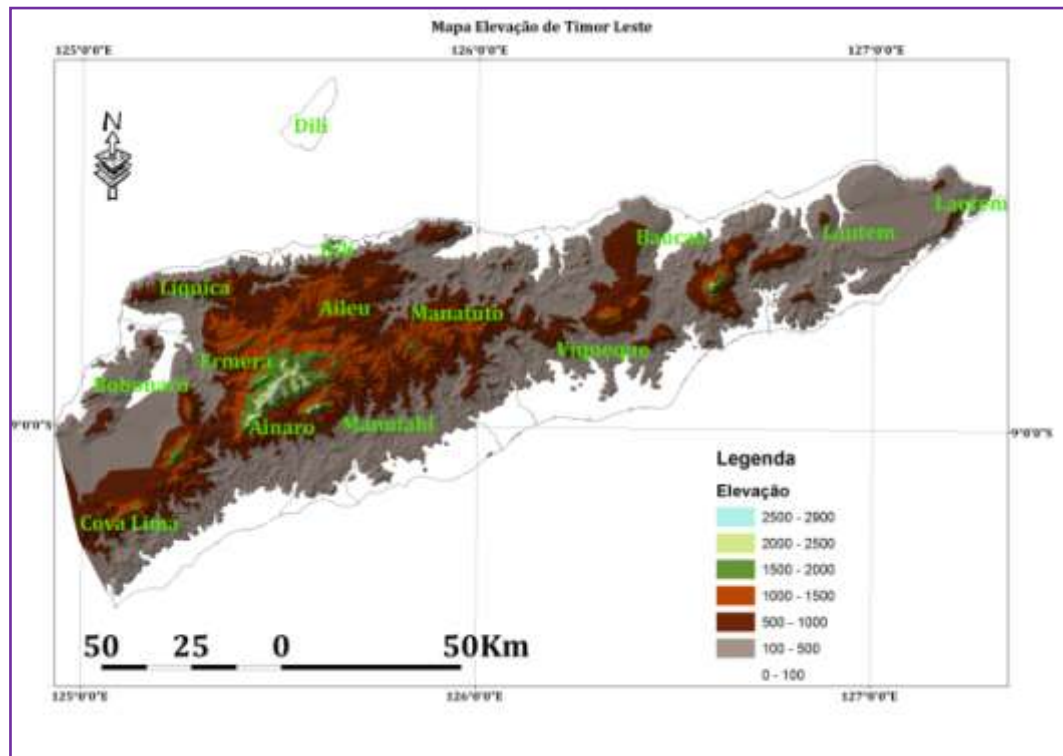


Figura 2.2 - As áreas mais alto em Timor Leste.

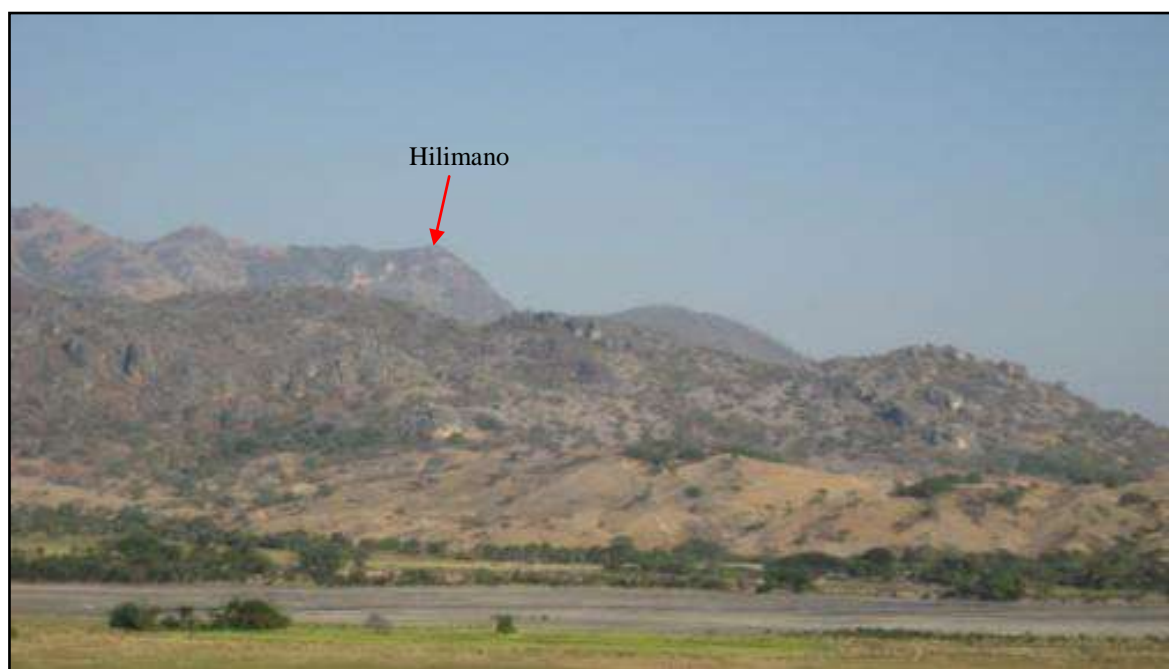


Figura 2.3 - O monte Hilimano, o ponto mais alto na área estudada.

II.1.4. Rede Hidrográfica

Os cursos de água de Timor-Leste, correm, na sua maioria, para o norte ou para o sul, devido, à orientação E – W da cordilheira central, onde quase todos nascem, não sendo navegáveis nem mesmo perto da foz. A principal bacia hidrográfica é a ribeira de Lois, que desagua a 20 km a sudoeste de Maubara e que é resultante da reunião de três outras: a Be-Bai, que nasce em território Indonésio, a Marobo, cuja origem fica próximo de Bobonaro, e a Lau-Ili, continuada pela ribeira de Gleno, que nasce entre Ermera e Aileu, ao norte de Lete-Foho. A ribeira mais extensa é, contudo, a de Laclo-Norte, com quase 80 Km, e que desagua em Manatuto. Estas duas ribeiras, situadas na costa norte, têm curso permanente. Com carácter temporário encontram-se também na zona norte e de oeste para leste as ribeiras de Comoro e Laleia, entre muitas outras. Na costa sul, as ribeiras permanentes são: Tafara, Be-Lulic, Carau-Úlun, Suai, Laclo-Sul e Cler. As temporárias incluem a Sahe, a Dilor, a Cuac, a Be-ve, entre outras. No território de Oecussi, a ribeira principal é Nuno-Eno, que desagua a oeste de Pante Macassar. Em Timor, não se encontram propriamente lagos, mas sim algumas lagoas, sendo as mais importantes de Iralalaro, Surobec, na ponta Leste da ilha e ainda as lagoas de Maubara e de Tibara oeste de Dili. Formam-se por vezes pantanos na foz de algumas ribeiras da costa sul, mas também a costa norte é propícia à sua existência. Durante a época das chuvas surgem inúmeras cascatas, que desaparecem na época seca. Há, no entanto, algumas permanentes, como a queda de água Bandeira, na estrada Ermera-Bobonaro, Soares (1957).

Na área estudada encontra-se uma das duas ribeiras permanente em Timor, A ribeira Laclo e outras pequenas ribeiras que nascem na montanha e correm para sul e para norte.

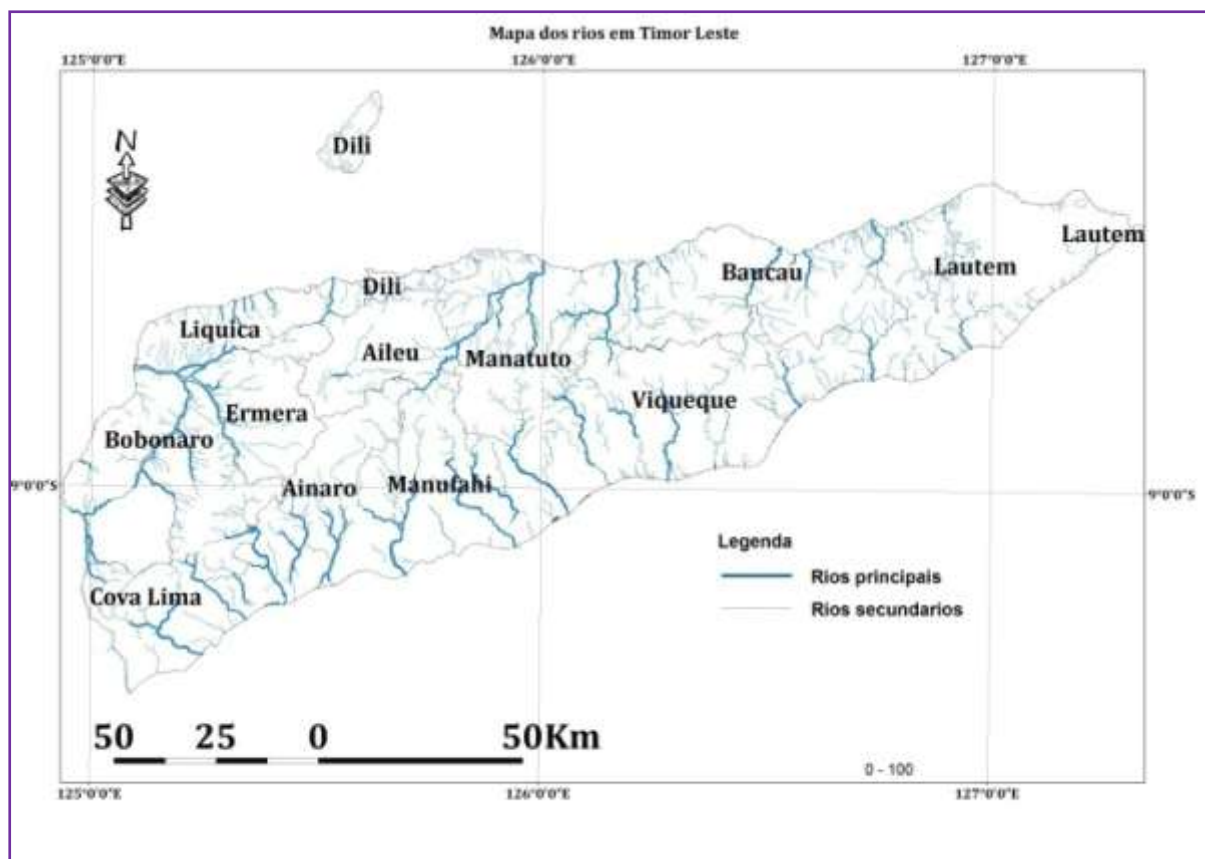


Figura 2.4- Rede Hidrografica em Timor-Leste.

II.2. Enquadramento Geológico Regional de Timor-Leste

A evolução tectónica da ilha de Timor-Leste situa-se no âmbito da evolução do arco insular que resultado da colisão entre as placas Euro-Asiática e Australiana. Apresenta uma geologia complexa que gera intensa discussão académica.

Baseado de cartografia de Audley-Charles (1968), o território de Timor-Leste, com cerca de 16.000 km², compreende 2 grandes grupos de unidades litoestratigráficas:

- Unidades alóctones, datadas do ante-Pérmico ao Cretácico Superior e que se terão instalado durante o Miocénico sobre um conjunto de;
- Unidades autóctones ou parautóctones que datam do Pérmico à actualidade.

A tectónica mais recente que afecta o território desde o Miocénico mostram-se geomorfologicamente numa cordilheira central ao longo da ilha, com relevos escarpados que chegam muito próximo dos 3000 m de altitude (Monte Ramelau).

Celebes, sendo representado por ofiólitos e sedimentos profundos do Mesozóico que formam a parte leste desta ilha.

II. 4. Modelos Tectónicos Para A Estrutura De Timor

Ao longo dos anos vários autores tem apresentado diferentes modelos para explicar a evolução geotectónica em Timor, vejamos em que consiste cada um deles:

1. O modelo de imbricação

Neste modelo, sugerido por Fitch & Hamilton (1974), interpretam Timor como uma acumulação de materiais de imbricação no tecto de uma zona de subducção, agora representado à superfície pela Fossa de Timor existente a sul da ilha (*Timor Trough* – depressão do mar de Timor). Neste modelo Timor forma-se como uma mistura caótica (*chaotic melange*) análoga aos materiais oceânicos acumulados no tecto das zonas de subducção do Japão e de Sunda. As peculiaridades de Timor são atribuídas à inclusão de materiais do continente Australiano na mistura (*melange*). O sistema recente não está activo por causa da colisão entre o continente Australiano e o arco-vulcânico, levado para a margem pelo desenvolvimento do Mar Banda (Banda Sea). O reajustamento isostático causou o levantamento da *melange* para formar a ilha de Timor.

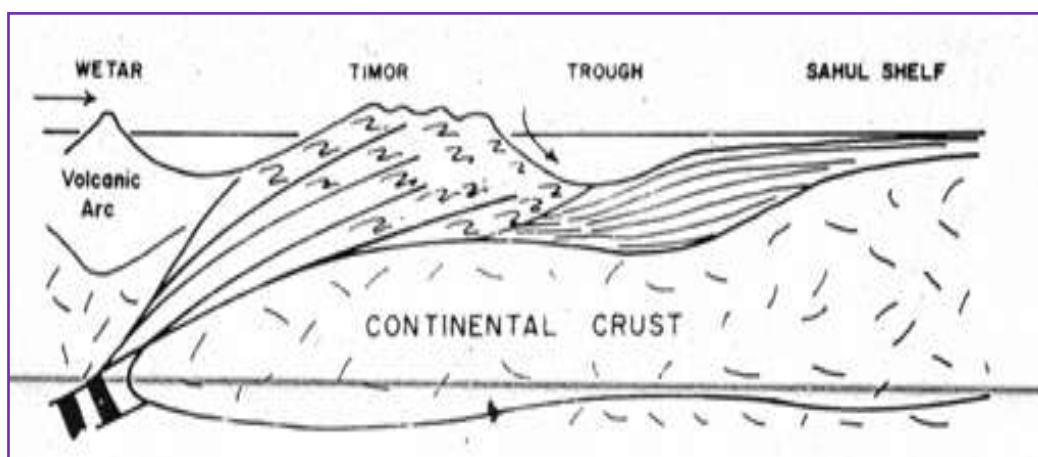


Figura 2.7 - O modelo de imbricação, adaptado de Fitch & Hamilton (1974).

2. O modelo dos carreamentos

Este modelo foi primeiro proposto por Wanner (1913) e foi defendido pela maioria dos cientistas holandeses que primeiro trabalharam em Timor. O modelo é defendido mais recentemente por Audley-Charles e os seus colegas (Carter *et al.*, 1976; Barber

et al., 1977). Neste modelo, Timor, é visto como fazendo parte da margem do continente Australiano sobre o qual se encontram um conjunto de unidades carregadas, incluindo sedimentos do fundo oceânico, rochas metamórficas e sedimentares, previamente separadas da margem da placa asiática pelo desenvolvimento do Mar de Banda (Carter *et al.*, 1976). Estas unidades carregadas (overthrust) passaram a zona de subducção como resultado da colisão com a margem do continente Australiano quando esta chegou à zona subducção. A zona de subducção, agora inactiva, estará localizada a norte de Timor.

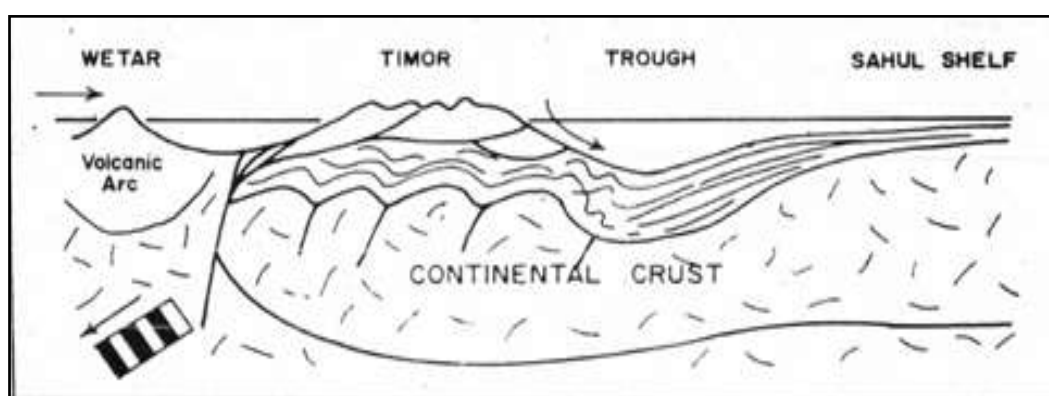


Figura 2.8 - A estrutura de Timor-Leste. O modelo de carregamento, (adaptada de Audley-Charles et al, 1976).

3. O modelo de cavalgamento

Este modelo foi recentemente defendido por Chamalaun & Grady (1978), a partir das ideias de Tappenbeck (1940), um membro da expedição pré-guerra de Brouwer, à área de Mollo Timor Ocidental, e Freytag (*in*: Audley-Charles, 1968) a uma área de Timor-Leste. A estrutura actual complexa de Timor é explicada como resultado de um levantamento isostático diferencial de blocos crustais quando a margem do continente Australiano chegou à zona de subducção e a subducção parou. Neste modelo os movimentos tectónicos são essencialmente verticais, não há movimento no plano de carregamento subhorizontal como é necessário pelo modelo de carregamento. Existe contudo uma vergência de dobras para sul e carregamentos menores resultado do levantamento a norte e subsidência na região da fossa de Timor a sul.

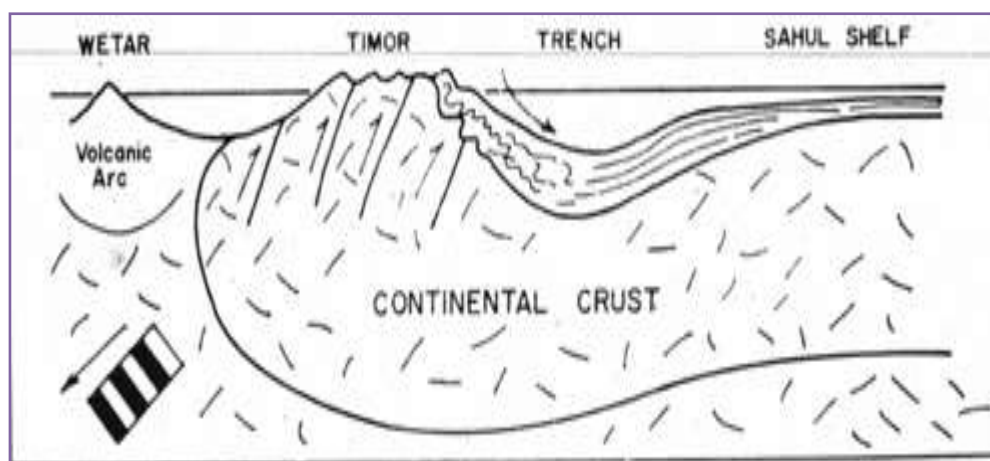


Figura 2.9- A estrutura de Timor-Leste. O modelo cavalgamento, (adaptada de Chamalaun & Grady, 1978)

II.5. Estratigrafia

A história da estratigrafia do sector a noroeste continente Australiano encontra-se muito bem conhecida devido aos trabalhos de investigação associados aos estudos de hidrocarbonetos realizados pelo Woodside-Burmah Group (Martison *et al.*, 1973; Robertson *et al.*, 1974; Powel, 1976; Thomas *et al.*, 1977). As rochas mais antigas sondadas são de idade pérmica e correspondem a uma série sedimentar clástica, com uma bancada estreita de calcários na parte superior, equivalente à Formação de Cribas de Timor. Sobre põe-se uma cobertura triássica muito espessa de argilas que passa a depósitos desltaícos essencialmente constituídos por arenitos. Por cima ocorre uma sequência avermelhada estreita de idade jurássica, níveis de carvão e depósitos flúvio-deltaícos.

É de conenso geral que as rochas sedimentares existentes na depressão de Timor se tenham deformado e ressurgido à superfície originando a ilha de Timor. Exemplos desses trabalhos são Audley-Charles (1968) e Leme (1968). A partir da ocupação indonésia do território, em 1975, poucos foram os autores que tiveram a oportunidade de realizar trabalho no terreno, caracterizando-se a bibliografia publicada sobretudo por ser resultado de reinterpretções do que foi feito anteriormente. Por exemplo, o trabalho de Villeneuve *et al.* (2005), apresentam as sete propostas anteriores de divisão estratigráfica (Gageonnet, R. & Lemoine, M., 1958; Audley-Charles, 1968; Barber *et al.*, 1977; Rosidi *et al.*, 1978; Harsolumakso, A., 1993; Sawyer *et al.* 1993; Harris *et al.*, 1998), respectivamente, e acabam por apresentar uma oitava divisão. Já depois do referido artigo de síntese, Charlton *et al.*

(2009) apresentam nova revisão do Triásico de Timor, não se referindo sequer aos autores anteriores.

Outros problemas que se colocam aos estudos estratigráficos, é que a divisão administrativa da ilha de Timor, desde o tempo Português e Holandês (a parte oeste da ilha foi colónia holandesa em conjunto com o resto do território indonésio), fez com que cada parte da ilha fosse estudada por autores com origens em escolas diferentes e que muitas vezes não conheciam o trabalho uns dos outros. As unidades estratigráficas dum lado e do outro da fronteira são descritas com nomes e de formas diferentes.

A primeira estratigrafia descrita para Timor, está publicada nos trabalhos de Gageonnet & Lemoine (1958) que estabelecem a existência de duas sucessões separadas, uma autóctone e uma alóctone. A tabela 2.1 mostra as formações definidas por esses autores.

Tabela 2.1 - Estratigrafia segundo Gageonnet & Lemoine (1958)

Idade	Autóctone	Idade	Alóctone
Holocénico	Corais	-	-
Mio-Pleistocénico	Formação de Viqueque	Pliocénico	Vulcânicas
Eocénico	Formação de Bibileu	Eocénico	Formação de Same
Triásico-Cretácico Inferior	Complexo Triásico-Jurássico	Triásico-Cretácico Superior	Complexo de Fatu
Pérmico	Formação de Cribas	Pérmico	Formação de Maubisse
-	-	Incerto	Complexo de Lolotoi

A tabela 2.2 apresenta-as, comparando as designações e as idades definidas por cada um dos autores.

Audley-Charles (1968)			Azeredo Leme (1968)		
Cod.	Formação	Idade	Cod.	Formação	Idade
Sistema autóctone					
			7.1.1	Formação de Lolotoi	Pré-pérmico
1	Formação de Atahoc Formação de Cribas	Pérmico	7.1.2	Série de Cribas	Pérmico
2	Formação Aituto Membro Tallibelis	Triásico	7.1.3	Série do Triásico-Jurássico (antiga Série de Mota Bui)	Triásico-Jurássico
3	Formação Wailuli (Ailuli)	Jurássico	7.1.4	Maciços calcários de Tutuala	Triásico superior
	Formação Wai Bua		7.1.5	Formação de Baguia	Jurássico?
4	Calcário de Borolaro	Cretácico	7.1.6	Cretácico	Cretácico
	Formação Seical				
5	Calcários de Dartolú	Eocénico	7.1.7	Formação de Dartolú (antiga Série de Same)	Eocénico
6	Formação de Barique	Oligocénico	7.1.8	Rochas eruptivas de Barique	Oligocénico?
7	Calcários de Cablac Calcários de Aliambata	Miocénico Inferior	7.1.9	Calcários de fato	Miocénico inferior
8	Formação de Viqueque Calcários de Lari guti	Miocénico superior	7.1.10	Complexo argiloso	Miocénico superior
9	Conglomerado de Dilor Seketo Block Clay	Pliocénico	7.1.11	Série de Viqueque	Plio-Plistocénico
10	Calcários de Baucau Calcário de Poros Formação de Suai Gravels de Ainaro	Pós-pliocénico	7.1.12	Rochas eruptivas pós-pliocénicas	
			7.1.13	Recifes de coral emersos	Pós-pliocénico
			7.1.14	Calcários lacustres de Pórus	
			7.1.15	Terraços fluviais	
			7.1.16	Aluviões recentes	
Sistema alóctone					
1	Complexo de Lolotoi	Pré-Pérmico			
2	Formação de Aileu Formação de Maubisse	Pérmico	7.2.1	Série metamórfica de Díli	Pérmico inferior?
			7.2.2	Série de Maubisse	Pérmico superior
3	Calcário de Borolaro	Cretácico superior			
4	Bobonaro Scaly-clay	Miocénico médio			

De acordo com trabalhos subsequentes de Audley-Charles (1968) e Leme (1968), que de facto realizaram o essencial da cartografia do território, foi publicada cartografia à escala 1:250.000 onde foram definidas as principais unidades estratigráficas:

- Unidades alóctones, datadas do ante-Pérmico ao Cretácico Superior e que se terão instalado durante o Miocénico sobre um conjunto de,
- Unidades autóctones ou parautóctones que datam do Pérmico à atualidade.

Cerca de um terço do território encontra-se abrangido por unidades alóctones, sendo as mais representativas em termos de extensão de afloramentos o Complexo de Lolotoi, a Formação de Aileu, a Formação de Maubisse e o Complexo Argiloso Bobonaro Scaly Clay. Este último não corresponde a uma unidade carreada mas sim a uma “mélange” tectónica.

II.6. Tectonica Regional Timor Leste

No Jurássico médio, há a segmentação das estruturas originando um sistema em *horsts* e *grabens*, acompanhada por vulcanismo. Esta fragmentação tectónica está associada à separação do bloco norte da Australia e coincide com modelo descrito por Falvey (1975). Pouco se sabe acerca da separação deste bloco continental, e da sua composição, pelo que a discussão em torno do assunto é algo especulativa.

Esse bloco, incluindo o material continental, poderá estar representado em parte complexo metamórfico de Lolotoi, em conjunto com os calcários pérmicos da formação de Maubisse e vulcanismo Triásico encontrado em Timor.

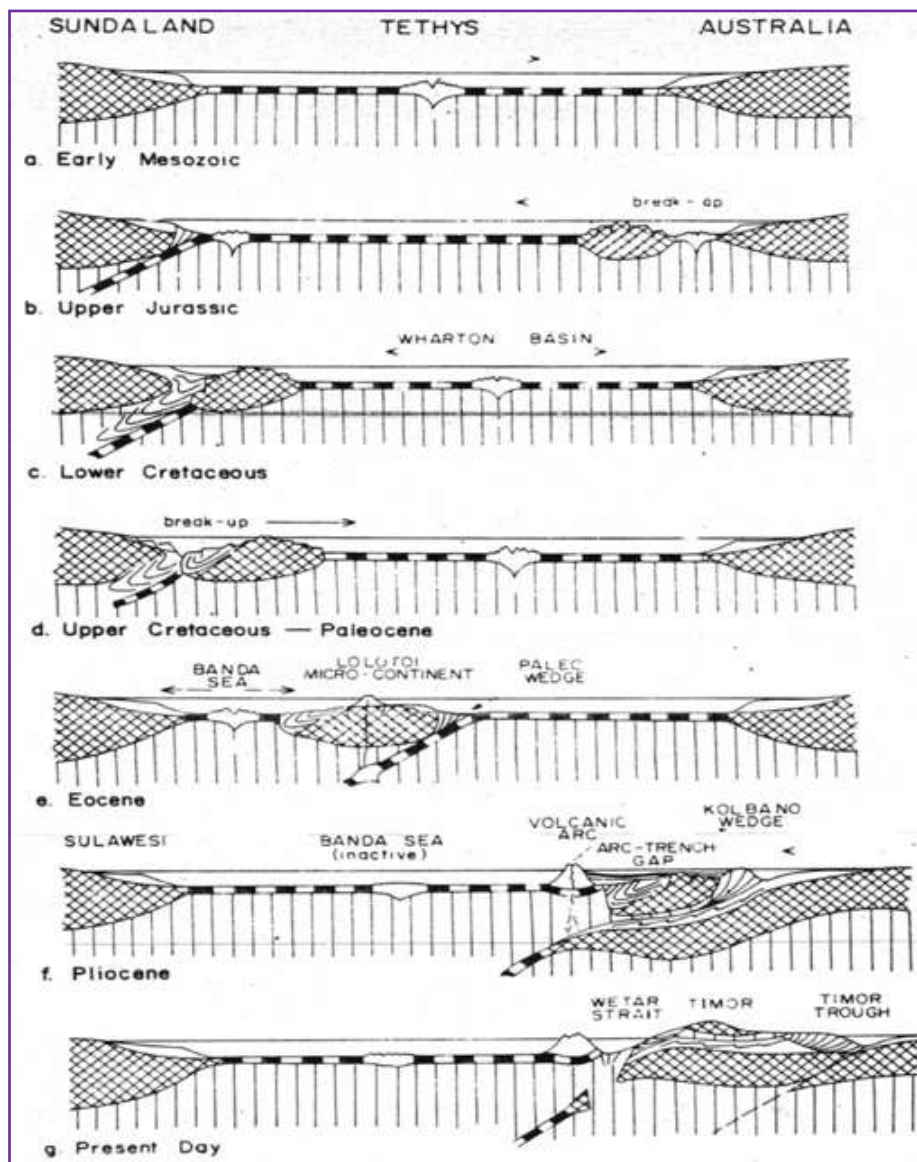


Figura 2.10 - Representação esquemática, sem escala, da evolução tectónica regional, desde o início do Mesozóico à actualidade. Encontra-se representada a Austrália, Sunda Land, mar de Banda, e Timor.

II. 7. A Descrição Geológica Da Área Em Estudo

A descrição geológica da área em estudo baseia-se na cartografia de Audley Charles publicada em 1968. Nesta área afloram as Formações de Aileu, de Maubisse, de Wailuli e Suai. As duas primeiras são unidades alóctones datadas do Pérmico e assentam sobre a Formação Wailuli, autóctone e datada do Triássico superior – Jurássico médio é Formação Suai datada Pós-pleiocénico. Tendo em vista o objectivo do presente trabalho registamos que vários autores afirmaram que os afloramentos de calcários na área estudada apresentam potencialidades para fins ornamentais e industriais (Leme, 1968; Carvalho e Lisboa, 2002), estas afirmações constituíram uma base de trabalho e discussão. As formações geológicas na área estudada são:

II. 7. 1. Potencialidades das unidades alóctones

1. A Formação Aileu

A Formação Aileu ocupa uma grande extensão no território timorense, foi apresentada por (Audley-Charles, 1968) como alóctone correspondendo as rochas do Pérmico em Timor-Leste. Predominam os xistos argilosos, filitos, anfíbolitos e rochas ígneas. Barry e Grady (1981) fizeram um trabalho detalhado sobre a mineralogia desta Formação concluindo sobre a presença de clorite, muscovite, biotite e silimanite.

As suas potencialidades económicas incluem recursos geológicos não metálicos dado que ocorrem extensas áreas de rochas ígneas intrusivas de natureza intermédia a básica e em intercalações pouco possantes de mármore. As primeiras são alvo, localmente, de exploração para britas. Os mármore denotam potencialidades para fins ornamentais, necessitando de estudos de prospecção detalhados (Carvalho e Lisboa, 2005)

Os estudos de microdeformação indicam que esta Formação se apresenta muito deformada, com 5 fases de deformação, Berry & Grady (1981).

A espessura da Formação de Aileu aproximadamente 1000 m, estimada por (Audley-Charles, 1968).

2. Os Mármore

Na região de Subão Grande e em Hato Hera, a sul de Metinaro, existem importantes afloramentos de belos e variados mármore cipolinos. Estas rochas nunca foram exploradas, apesar da sua esplendida qualidade, quer como material de revestimento, decoração e estatuária, quer para o fabrico de cal de boa qualidade (NEIVA, 1955).

Timor Como consequência de uma litologia variada e rica, abundam, naturalmente, bons materiais de construção, desde os dioritos, explorados em grandes pedreiras junto da cidade de Dili, aos xistos metamórficos e mármore (Leme, 1968)

Os afloramentos mármore que levantam na formação Aileu, mármore intercalados numa sequência metamórfica em que predominam filitos e xistos de natureza siliciosa que fazem parte duma unidade geológica datada do Pérmico. Essa unidade, denominada formação de Aileu, encontra-se alóctone sobre unidades geológicas mais recentes por carreamentos de idade miocénica (Audley Charles, 1968).

Os afloramentos mármore *in situ*, dos quais são provenientes os blocos das variedades de mármore anteriormente exploradas durante a ocupação indonésia constituem um nível com uma disposição estrutural complexa, fortemente dobrada e que é intersectado, a cotas mais baixas, por duas linhas de água de acesso mais facilitado. Nestes locais é possível constatar que os mármore apresentam variação lateral para fácies de grão médio a grosseiro com tons acinzentados, por vezes muito escuros e frequentes níveis calcossilicatados de espessura centimétrica, por vezes constituídos, quase exclusivamente, por concentração de granadas. Terão sido estas razões que levaram a que tentativas de exploração iniciadas nestes locais tenham abortado. De tons predominantemente claras, cromaticamente os mármore apresentam cores brancas, avermelhadas, cinzentas e pretas entre outras menos usuais. A textura granoblástica varia entre fina e grosseira. (Carvalho e Lisboa, 2005).

AUDLEY-CHARLES (1968)		
FORMAÇÕES DE AUTÓCTONES	<i>Formação</i>	<i>Idade</i>
	Gravels de Ainaro	Pós-Pliocénico
	Formação de Suai	
	Calcário de Poros	
	Calcário de Baucau	
	Seketo Block Clay	Pliocénico
	Conglomerado de Dilor	
	Calcário de Lari Gutu	Miocénico Superior
	Formação de Viqueque	
	Calcário de Aliambata	Miocénico Inferior
	Calcário de Cablaqui	
	Formação de Barique	Oligocénico
	Calcários de Dartolu	Eocénico
	Formação de Seical	Cretácico
	Calcário de Borolalo	
	Formação de Wai Bua	
	Formação de Wailuli	Jurássico
	Formação de Aitutu	Triásico
	Membro de Tallibelis	
	Formação de Cribas	Pérmico Superior
	Formação de Atahoc	Pérmico Inferior
FORMAÇÕES DE ALÓCTONES	Bobonaro Scaly Clay	Miocénico Médio
	Calcário de Borolalo	Cretácico Superior
	Formação de Maubisse	Pérmico
	Formação de Aileu	
	Complexo de Lolotoi	Pré-Pérmico

Figura 2-11 Coluna estratigráfica de Audley-Charles, 1968

3. A Formação de Maubisse

Esta formação, também datada do Pérmico, foi considerado de origem no terreno de Banda e carreado por cima de sequências paraautóctones (Leme, 1968) e (Audley-Charles, 1968).

Grady e Berry (1977), apresentam diferentes ideias que esta formação faz parte das rochas da placa continental australiana. Estratigraficamente a Formação de Maubisse está por cima do complexo metamórfico de Lolotoi e inter-estratificados com as Formações de Atahoc e Cribas, sobreposto por formação de Aitutu (Paraaυτόctono).

AUDLEY-CHARLES (1968)		
FORMAÇÕES DE AUOCTONES	Formação	Idade
	Gravels de Ainaro	Pós-Pliocénico
	Formação de Suai	
	Calcário de Poros	
	Calcário de Baucau	
	Seketo Block Clay	Pliocénico
	Conglomerado de Dilor	
	Calcário de Lari Gutu	Miocénico Superior
	Formação de Viqueque	
	Calcário de Aliambata	Miocénico Inferior
	Calcário de Cablaqui	
	Formação de Barique	Oligocénico
	Calcários de Dartolu	Eocénico
	Formação de Seical	Cretácico
	Calcário de Borolalo	
	Formação de Wai Bua	
	Formação de Wailuli	Jurássico
	Formação de Aituto	Triásico
	Membro de Tallibelis	
	Formação de Cribas	Pérmico Superior
	Formação de Atahoc	Pérmico Inferior
FORMAÇÕES DE ALOCTONES	Bobonaro Scaly Clay	Miocénico Médio
	Calcário de Borolalo	Cretácico Superior
	Formação de Maubisse	Pérmico
	Formação de Aileu	Pré-Pérmico
	Complexo de Lolotoi	

Figura 2-12 Coluna estratigráfica de Audley-Charles, 1968

Charlton *et.al.*, (2002), também apresentam a hipótese de que os calcários de Maubisse se formaram num bloco levantado (*horst*) e as rochas da Formação de Atahoc e Cribas estavam depositadas no bloco abatido (*graben*) durante processo de extensão da placa australiana, e as rochas metamórficas da formação de Aileu são originadas a partir daquelas três formações.

Os calcários da Formação de Maubisse estão muito pouco afectados por metamorfismo e correspondem a biocalcarenitos de cimento esparítico, muito ricos em fauna, com realce para restos de crinóides. Apresentam tipicamente tons avermelhados a rosados, podendo ocorrer também tons mais claros, cremes e acinzentados, (Audley-Charles, 1968).

Hunter, 1993 (*in* Charlton *et. al.*, 2002), apresentam a cartografia em Maubisse e disseram que a Formação de Maubisse é composta por calcários, siltitos carbonatados,

basaltos e rochas vulcanoclásticas. A Formação de Maubisse apresenta ainda basaltos e rochas intrusivas máfica, sienitos e tufos.

II. 7. 2. Potencialidade Das Unidades Autoctónes

As Formações mais antigas, autóctones, de Timor-Leste datam do Pérmico e distribuem-se até ao Quaternário com interrupções que se atribuem à actividade orogénica. O estado de deformação destas unidades varia consoante a sua idade e localização geográfica, mas centrando-se em dobramentos de grande raio de amplitude.

As unidades com maior interesse económico, derivado das suas características litológicas, espessura e extensão de afloramentos, correspondem às Formações;

1. Formação de Wailuli

Esta Formação foi descrita por (Audley-Charles, 1968), baseado nas rochas aflorantes na ribeira de We Lulic em que predominam litofácies essencialmente constituídas por argilitos e arenitos, datada do Triásico superior ao Jurássico médio. A formação Wailuli encontra-se na parte sudoeste do anticlinal de Aituto e no leste do monte de Cablaque. Esta Formação também ocorre em Manatuto, a norte do anticlinal de Cribas, em Pualaca, Aliambata, Atsabe, Lourba (Bobonaro) e Memo (Maliana).

Simons (1940), De Roever (1940), Van West (1941) & Brouwer (1942) & Giani (1971), também apresentam rochas datada do Jurássico em Timor Ocidental como parte do serie de Sonnebait e Kekenno. Giani (1971) encontra estas rochas na sua área de trabalho em Belu, em que a formação de Wailuli em Timor Ocidental apresentam um nível com dois metros de argilitos negros e com um conglomerado de belemnites. Monteiro (2003) apresenta no seu trabalho que formação de Wailuli na área Beheda é equivalente com a Formacao de Babulu descrita em Timor Ocidental.

A espessura da Formação de Wailuli foi estimada em 800m por Audley-Charles (1968).

AUDLEY-CHARLES (1968)		
FORMAÇÕES DE AUTÓCTONES	<i>Formação</i>	<i>Idade</i>
	Gravels de Ainaro	Pós-Pliocénico
	Formação de Suai	
	Calcário de Poros	
	Calcário de Baucau	
	Seketo Block Clay	Pliocénico
	Conglomerado de Dilor	
	Calcário de Lari Gutu	Miocénico Superior
	Formação de Viquaque	
	Calcário de Aliambata	Miocénico Inferior
	Calcário de Cablaqui	
	Formação de Barique	Oligocénico
	Calcários de Dartolu	Eocénico
	Formação de Seical	Cretácico
	Calcário de Borolalo	
	Formação de Wai Bua	
	Formação de Wailuli	Jurássico
	Formação de Aituto	Triásico
	Membro de Tallibelis	
	Formação de Cribas	Pérmico Superior
	Formação de Atahoc	Pérmico Inferior
FORMAÇÕES DE ALÓCTONES		
	Bobonaro Scaly Clay	Miocénico Médio
	Calcário de Borolalo	Cretácico Superior
	Formação de Maubisse	Pérmico
	Formação de Aileu	
	Complexo de Lolotoi	Pré-Pérmico

Figura 2-13 Coluna estratigráfica de Audley-Charles, 1968

2. Formação Suai

Esta formação datada do Pós-pliocénico por (Audley-Charles, 1968), corresponde a uma alternância de conglomerados e arenitos. A Formação Suai encontra-se ao longo da costa da ilha Timor.

AUDLEY-CHARLES (1968)		
FORMAÇÕES DE AUTÓCTONES	<i>Formação</i>	<i>Idade</i>
	Gravels de Ainaro	Pós-Pliocénico
	Formação de Suai	
	Calcário de Poros	
	Calcário de Baucau	
	Seketo Block Clay	Pliocénico
	Conglomerado de Dilor	
	Calcário de Lari Gutu	Miocénico Superior
	Formação de Viqueque	
	Calcário de Aliambata	Miocénico Inferior
	Calcário de Cablaqui	Oligocénico
	Formação de Barique	
	Calcários de Dartolu	Eocénico
	Formação de Seical	Cretácico
	Calcário de Borolalo	
	Formação de Wai Bua	
	Formação de Wailuli	Jurássico
	Formação de Aituto	Triásico
	Membro de Tallibelis	
	Formação de Cribas	Pérmico Superior
	Formação de Atahoc	Pérmico Inferior
FORMAÇÕES DE ALÓCTONES	Bobonaro Scaly Clay	Miocénico Médio
	Calcário de Borolalo	Cretácico Superior
	Formação de Maubisse	Pérmico
	Formação de Aileu	
	Complexo de Lolotoi	Pré-Pérmico

Figura 2-14 Coluna estratigráfica de Audley-Charles, 1968

3. Aluviões

Geomorfologicamente o território de Timor-Leste tem condições topográficas agressivas, o que faz com que os depósitos aluviais apresentem grande desenvolvimento. Como resultado, por todo o território observaram-se depósitos de areias e cascalheiras recentes ocupando o leito da maior parte das linhas de água, alguns deles bastante largos. São depósitos de carácter essencialmente areno-conglomerático, por vezes com blocos de grandes dimensões. Na costa norte são menos espessos e ocupam uma planície irregular, quase ausente e estreita para ocidente de Manatuto.

Audley-Charles (1961), apresenta um relatório de sondagens de prospecção em vários locais da costa sul que mostram que os aluviões são muito espessos e atingem a profundidade de 600 m. Este indicam que ainda grande desenvolvimento na direcção do interior, acompanhando o curso das ribeiras.

III. METODOLOGIA DE TRABALHO

A obtenção e análise dos dados envolveram quatro etapas:

1. Pesquisa bibliográfica e cartográfica;
2. Trabalhos de campo: cartografia geológica e amostragem;
3. Análises petrográficas;
4. Tratamento dos Dados e Escrita da Tese

III.1. Pesquisas Bibliográfica e Levantamento Cartográfico

A. Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bibliotecas da Universidade de Évora e incidiu nos trabalhos de autores que trabalharam na região Beheda sobre a estrutura e cartografia dos calcários e rochas ornamentais na região de Beheda, nomeadamente: Azeredo Leme (1968); Audley-Charles (1968), Monteiro (2003); Carvalho & Lisboa (2005)

B. Levantamento Cartográfico

Esta etapa incluiu o levantamento cartográfico, carta topográfica, interpretação de imagens (Google Earth) e mapa geológico da área. A base para este trabalho foi a carta topográfica: Topographical Map Indonésia, 1993 Kabupaten Manatuto, na folha, número (2407-622), à escala 1: 25.000 e o Mapa Geológico de Audley-Charles (1968), à escala 1: 250.000.

III.2. Estudo de Campo e Amostragem

Para recolha de dados no campo procedemos do seguinte modo:

1. Percorremos as linhas de água à procura de estruturas geológicas e medimos, com a bússola de geólogo, as atitudes das estruturas que encontramos (planos de estratificação, xistosidade, planos axiais e eixos de dobras, lineações de intersecção e de estiramento, etc.);
2. Recolhemos amostras representativas das rochas aflorantes na nossa área de trabalho;

3. Deslocamo-nos aos topos das montanhas para percebermos melhor a topografia dos terrenos e verificar a continuidade na orientação das camadas.

Para recolher as informações no campo utilizámos os seguintes equipamentos:

1. GPS, para marcar pontos onde referenciámos as estruturas geológicas e as camadas de rochas mais representativas da área estudada;
2. Bússola de geólogo, utilizada para medir a atitude das estruturas encontradas (estratificação, xistosidade, foliação e lineações);
3. Martelo, para partir as rochas e obter as amostras frescas para analisar em laboratório;
4. Sacos de plástico para guardar e transportar as amostras.

Além de os equipamentos também transportávamos HCl (ácido clorídrico) para mais facilmente distinguirmos as rochas carbonatadas das não carbonatadas.

Os dados recolhidos pelo GPS TwoNav eram gravados num cartão de memória e posteriormente descarregados no computador. Em seguida eram importados e trabalhados no programa ArcGis 9.3 com o objectivo de irmos elaborando um novo mapa geológico à escala 1:25.000 da região em estudado.

III.3. Análises Petrográficas

- As amostras recolhidas no campo foram seleccionadas e marcadas, para depois serem cortadas numa serra de corte no Laboratório Nacional de Geologia em Hera;
- As amostras que já cortadas foram em seguida desgastadas à mão na máquina de polimento com pós abrasivos (240 mesh, 400 mesh, 600 mesh), obtendo-se uma talisca para colar nas lâminas de vidros;
- Por outro lado, procedeu-se à calibração das lâminas para a espessura de 0,94 mícra;
- As taliscas após serem lavadas e secas a uma temperatura 150⁰C, foram coladas sobre os vidros já calibrados e colocadas num dispositivo de colagem durante 30 minutos. Procedeu-se em seguida ao corte da talisca numa serra de precisão, ficando esta com 2 a 4 mm de espessura;

- Para o desgaste e polimento das lâminas foi então usada uma máquina automática de marca Logitech e usando pó 600 mesh até as lâminas ficarem finas. Este desgaste fez-se inicialmente com um período de 60 minutos mas este tempo depende muito dos tipos de rochas que estejamos a analisar havendo, por vezes, necessidade de repetir o processo por outros períodos de tempo;
- Seguiu-se o acabamento do desgaste das lâminas que é realizado à mão e utilizando pós abrasivos mais finos (800 mesh e 1000 mesh) até as lâminas ficarem prontas para observação ao microscópio;
- Guardaram-se então as lâminas delgadas numa caixa de arquivo;
- As lâminas delgadas obtidas foram posteriormente analisadas ao microscópio petrográfico para identificação mineralógica e caracterização petrográfica, reconhecimento de estruturas geológicas e, nas rochas sedimentares identificar as estruturas sedimentares inorgânicas e biogénicas presentes.

III.4. Tratamento dos Dados e Escrita da Tese

Os dados recolhidos durante os trabalhos de campo foram tratados de acordo com a sua natureza. Assim, os dados estruturais relativos às atitudes de estruturas planares e lineares foram inseridos numa folha de cálculo Excel e posteriormente importados para a base de trabalho ArcGis 9.3; fez-se o tratamento dos levantamentos geológicos e projectaram-se os limites litológicos na mesma base de trabalho, embora em *layer* distinto; também as imagens retiradas do Google Earth foram importadas para a base de trabalho de modo a permitir uma correlação entre a imagem real do relevo que esta fornece e os limites geológicos identificados no terreno.

As fotografias tiradas nos afloramentos foram referenciadas e sumariamente descritas para, constituem assim um arquivo visual que ajuda a esclarecer dúvidas quanto à natureza das rochas que afloram em determinado local.

Finalmente foi elaborado um relatório descritivo das lâminas delgadas analisadas ao microscópio no Laboratório Nacional de Geologia Hera e decorreu de 22 de Agosto de 2011 até 15 de Novembro de 2011. Esta fase incluiu a escrita da tese e a preparação do mapa com recurso a SIG (Figura 3-1 Mapa das observações litológicas realizadas).



Figura 3-1 Mapa das observações litológicas realizadas.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

IV.1. Introdução: Litostratigrafia da região de Beheda

Os autores que anteriormente trabalharam na cartografia de Timor-Leste dividiram a geologia do País em duas unidades principais (Tabela 1). Uma autóctone datada do Pérmico ao recente e outra alóctone com idades variadas desde o Pré-Permico (Audley-Charles, 1968).

IV. 2. Descrição cartografica das unidades alóctones

1. A Formação Aileu

A Formação Aileu ocupa uma grande extensão no território timorense, foi apresentada por (Audley-Charles, 1968) como alóctone e corresponde a uma sequência de rochas de idade Pérmica em Timor-Leste. É constituída por xistos argilosos, filitos, anfíbolitos e outras rochas metamórficas e ainda por rochas ígneas. Berry & Grady (1981) que realizou um trabalho geológico muito detalhado nesta formação, onde registaram a presença de metamorfismo nas zonas da clorite, muscovite, biotite e silimanite.

As suas potencialidades económicas poderão ser a utilização como recursos geológicos não metálicos dado que ocorrem extensas áreas de rochas ígneas intrusivas de natureza intermédia a básica e intercalações pouco possantes de mármore.

Na área em estudo foram cartografadas as seguintes rochas: Anfíbolito, (figura 4.1); Basalto, (figura 4.2); Gabro, (figura 4.3); Peridotito (figura 4.4); Epidotito, (figura 4.5), Lavas em almofada (*pillow lava*, figura 4.6) e Mármore (figuras 4.22 a 4.32)

Na região a leste de Beheda, cerca de 1-2 km para sul da área estudada ocorrem importantes afloramentos de peridotito. Esta rocha contacta com uma alternância de argilitos e arenitos a este da área em estudo. Na ribeira (mota) Luli afloram lavas em almofada (figura 4.6) com aproximadamente 20 m de espessura. Esta rocha ígnea pertence à Formação de Aileu que está na zona contacto com uma alternância de argilitos e arenitos da Formação de Wailuli. Também se encontram blocos correspondentes a depósitos de vertente de gabro, calcários, peridotito, e arenitos com dimensões entre 1 e 4 m de comprimento ao longo da ribeira Luli. Por outro lado, alternâncias de gabro, anfíbolito e xisto afloram na região de

Beheda até ao monte Hilimano, a sul e prolonga-se para oeste na “aldeia Mármore” (local onde ocorreu exploração de mármore para fins ornamentais) e aldeia Behau. No outro lado, a leste da aldeia Mármore, em direcção ao Subão Grande a cerca de 2 km ocorrem grandes afloramentos de epidotito.



Figura 4.1- Anfibolito



Figura 4.2 – Basalto



Figura 4.3 – Gabro



Figura 4.4 - Epidotito



Figura 4.5 – Peridotito

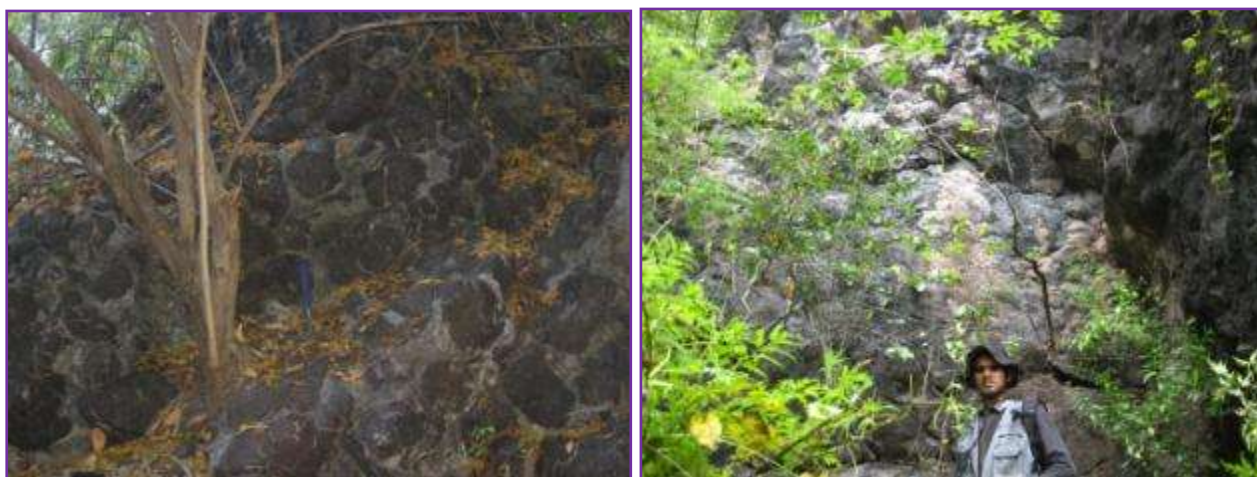


Figura 4.6 - Basalto (Lavas almofada)

2. A Formação de Maubisse

Esta formação, também datada do Pérmico, foi considerado originária dos terrenos com afinidades asiática teria sido carregada por cima de sequências para-autóctones (Leme, 1968) e (Audley-Charles, 1968).

Charlton et.al., (2002), defendem que os calcários de Maubisse estavam formados no bloco levantado (horst) e rochas da formação de Atahoc e Cribas estavam depositadas no bloco abatido (graben) durante o processo de extensão da placa australiana, e as rochas metamórficas da formação de Aileu se originaram a partir daquelas três formações.

Os calcários estão muito pouco afectados por metamorfismo e correspondem a biocalcarenitos de cimento esparítico, muito ricos em fauna, com realce para restos de crinóides. Apresentam tipicamente tons avermelhados a rosados, podendo ocorrer também tons mais claros, cremes e acinzentados, (Audley-Charles, 1968, Fig. 4.11). Hunter (1993) (*in* Charlton et.al., 2002, Fig. 4.12), apresenta a sua cartografia da Maubisse e refere que está é composta por calcários, siltitos carbonatadas, basaltos e rochas vulcanoclastica.

Na área em estudo ocorrem alforamentos de calcários cremes e vermelhos a norte do Suco Ilheu e a leste da região Beheda, são ricos em crinóides e oolitos. Alguns dos calcários que se encontram na ribeira de Luli apresentam um pouco ferro e manganés a interceptar as camadas. Todos os afloramentos dos calcários na esta região apresentam mais de 2m de espessura e alguns chegam aos 500 m.



Figura 4.7 - Calcário creme com ferro e manganês



Figura 4.8- Calcário creme



Figura 4.9 - Calcário creme com amonoides, à esquerda e com crinóides, à direita.



Figura 4.10 - Calcário vermelho com crinóides

IV.3. Os Mármore

Os afloramentos mármore ocorrem na Formação de Aileu intercalados numa sequência metamórfica em que predominam filitos e xistos de natureza siliciosa que fazem parte duma unidade geológica datada do Pérmico que se encontra alóctone sobre unidades geológicas mais recentes por carreamentos de idade miocénica (Audley Charles, 1968). Na bibliografia encontram-se algumas referências às matérias-primas não metálicas de Timor-Leste e em particular aos seus mármore, em seguida deixamos algumas delas:

“Na região de Subão Grande e em Hato Hera, a sul de Metinaro, existem importantes afloramentos de belos e variados mármore cipolinos. Estas rochas nunca foram exploradas, apesar da sua esplendida qualidade, quer como material de revestimento, decoração e estatuária, quer para o fabrico de cal de boa qualidade (Neiva, 1955).”

“Em Timor, como consequência de uma litologia variada e rica, abundam, naturalmente, bons materiais de construção, desde os dioritos, explorados em grandes pedreiras junto da cidade de Dili, aos xistos metamórficos e mármore (Leme, 1968).”

“Os afloramentos de mármore in situ, dos quais são provenientes os blocos das variedades de mármore anteriormente exploradas durante a ocupação indonésia constituem um nível com uma disposição estrutural complexa, fortemente dobrada e que é intersectado, a cotas mais baixas, por duas linhas de água de acesso mais facilitado. Nestes locais é possível constatar que os mármore apresentam variação lateral para fácies de grão médio a grosseiro com tons acinzentados, por vezes muito escuros e frequentes níveis calcossilicatados de espessura centimétrica, por vezes constituídos, quase exclusivamente, por concentração de granadas. Terão sido estas razões que levaram a que tentativas de

exploração iniciadas nestes locais tenham abortado. De tons predominantemente claras, cromaticamente os mármore apresentam cores brancas, avermelhadas, cinzentas e pretas entre outras menos usuais. A textura granoblástica varia entre fina e grosseira. (Carvalho e Lisboa, 2005).”

Na área estudada afloram mármore brancos, cremes, avermelhados, cinzentos e mármore impuros com mineralogia variada. Os mármore brancos, cremes e avermelhados são em geral rochas de grão médio a fino. Os mármore impuros encontram-se parcialmente dolomitizados e são rochas resultantes da modificação de outros tipos de mármore, através de fenómenos de fracturação com circulação de fluidos ricos em ferro e manganés. Os mármore brancos afloram na “aldeia mármore” ate monte do Ilimano e continua-se mais para NW no Suco Iliheu (área pesquisa do Néné Cristovao, 2011). Estes mármore estão sempre associados aos mármore impuros, só o localmente predominam as variedades brancas. Os mármore cremem alforam na estrada entre o Subão *Kiik* (Pequeno) e a “aldeia Mármore” sempre com espessuras modestas 1 a 3 metros. Por outro lado, os afloramentos dos mármore impuros afloram a oeste da aldeia de Behau até à “aldeia Mármore “ e estes mármore são sempre acompanhados de todos os tipos de mármore observados na área estudada.

Nos trabalhos de campo encontraram-se blocos de pequena dimensão de mármore cinzentos e avermelhados na “aldeia Mármore” e em Hilimano na área mais a Norte, a NW do suco Ilheu encontraram-se bons afloramentos destes tipos de mármore (Fig. 4.31 e 4.32).



Figura 4.11 - Mármore impuro na aldeia de Behau.



Figura 4.12 - Mármore impuro na aldeia de Behau.



Figura 4.13 - Mármore creme na “aldeia Mármore”.

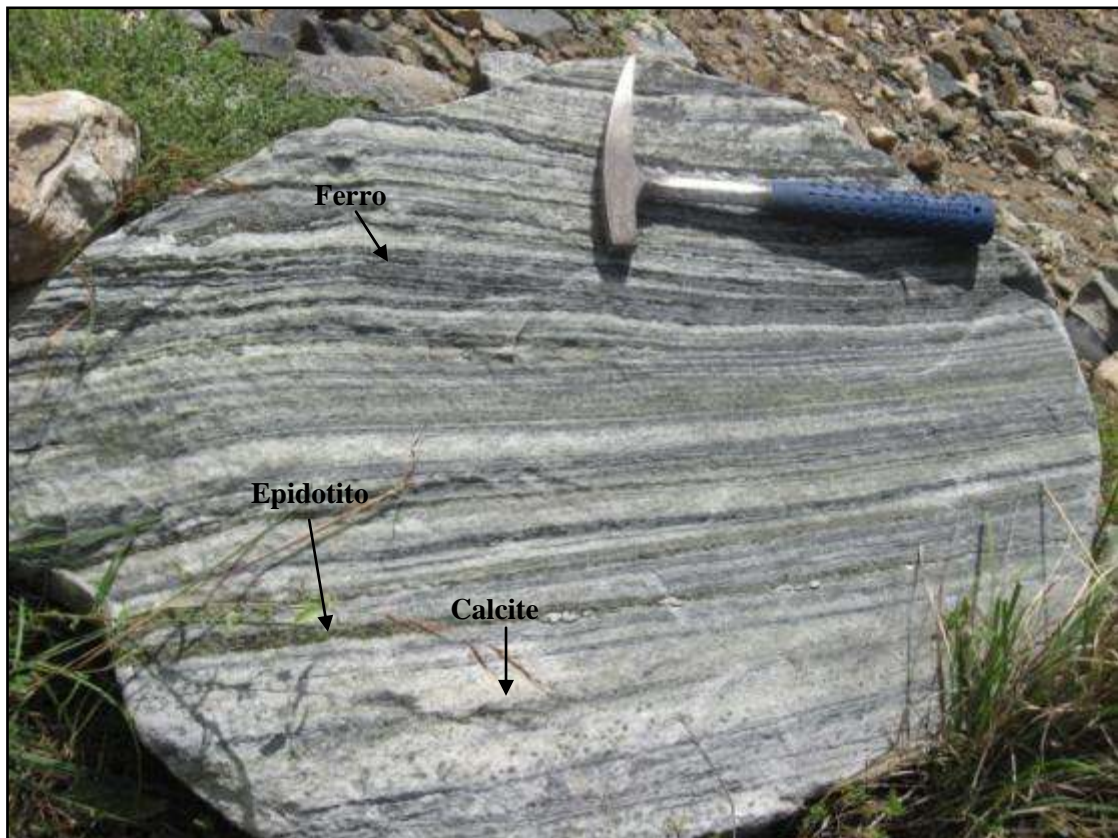


Figura 4.14 - Mármore impuro na “aldeia Mármore”.



Figura 4.15- Mármore impuro na aldeia Mármore.



Figura 4.16- Mármore branco na aldeia Mármore.

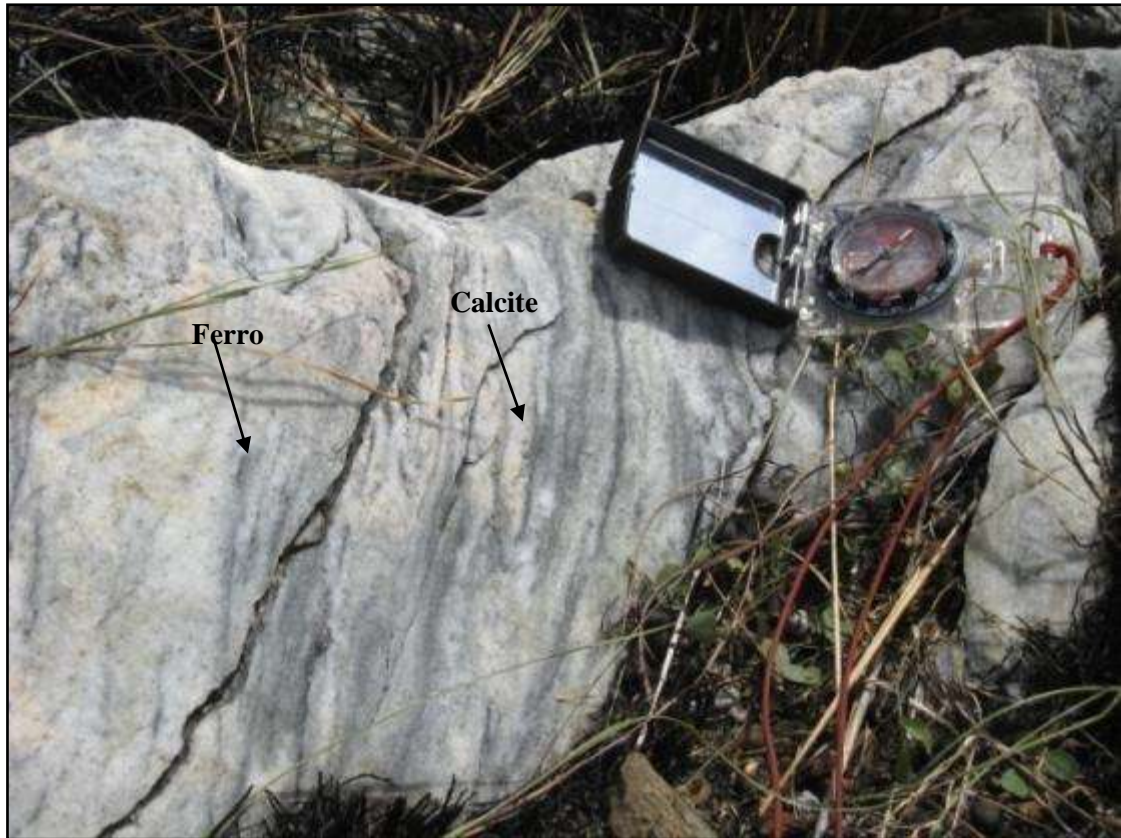


Figura 4.17 - Mármore impuro na aldeia Mármore.



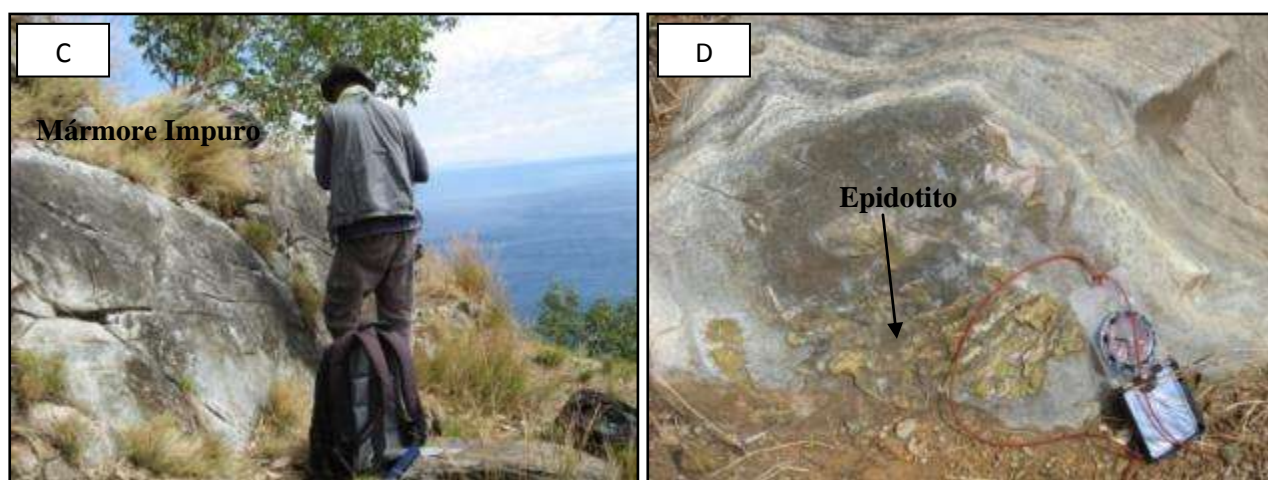


Figura 4.18 - A, B, C e D, mármore impuros na região do Subao Pequeno (Kiik).

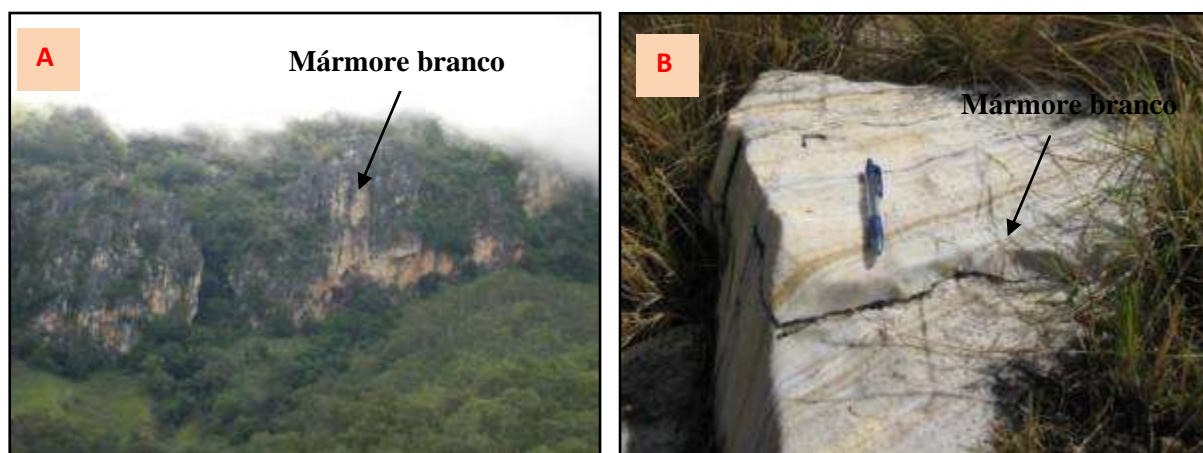


Figura 4.19 - A e B mármore branco no monte do Hilimano.



Figura 4.20- Mármore vermelho no NW do suco Ilheu.



Figura 4.21 - Mármore venado cinzento e branco no NW do suco Ilheu.

IV. 4. Descrição Cartográfica das Unidades Autoctónes

As Formações autóctones de Timor-Leste datam do Pérmico e distribuem-se até ao Quaternário com interrupções que se atribuem à actividade orogénica. O estado de deformação destas unidades varia consoante a sua idade e localização geográfica, mas centram-se em dobramentos de grande raio de amplitude.

As unidades com maior interesse económico, derivado das suas características litológicas, espessura e extensão de afloramentos, correspondem às Formações Aituto, Wailuli, Calcários de Cablaque, Viqueque e Calcários de Baucau. Consideram-se também aqui os depósitos fluviais recentes.

1. Formação de Wailuli

Esta formação é caracterizada pela presença de estratificação bem marcada constituída por arenitos, calcarenitos, calcários, argilitos e argila com gesso.

Na área em estudo a alternância argilitos e arenitos ou Formação de Wailuli, situada no este da aldeia Beheda, começa na ribeira de Luli e chega à cidade de Manatuto. Estas rochas a norte contactam com uma alternância de conglomerados e arenitos (Formação Suai), para oeste com peridotitos, lava em almofada, gabros e anfibolitos e para sul depositam-se sob os calcários creme e vermelho e para este antes da ribeira de Laclo, com aluviões. Estas rochas ocupam uma área menos da área em estudo.

O critério cartográfico utilizado para identificar e separar as unidades geológicas dentro da Formação de Wailuli foi adaptado da coluna estratigráfica apresentada por Audley-Charles (1968).

Foi assim possível dentro da Formação de Wailuli separar uma unidade superior, composta por conglomerados; uma unidade intermédia composta por argilito com gesso e outra inferior composta por arenitos e calcarenitos.



Figura 4.22 - Coluna estratigrafia na área estudada. Retirado de Audley-Charles (1968).



Figura 4.23- Conglomerado em cima da alternância arenito e argilito



Figura 4.24- Argilito com fendas arenitos e tem gesso no topo



Figura 4.25 – Camadas de calcarenitos intercalado do argilitos



Figura 4.26 – Camadas de calcarenitos intercalados com argilitos.

Os trabalhos de campo permitiram precisar a posição estratigráfica mostrando que a Formação de Wailuli está por baixo da Formação de Maubisse e por cima da Formação de Suai e conseqüentemente também das aluviões. Ambiente da deposição desta Formação, pela presença de arenitos, argilitos e conglomerados indicam as rochas no ambiente do marinho com contribuição continental.

2. Formação Suai

A formação de Suai foi introduzida por Audley-Charles (1968) é datada do Pós-pliocénico. Composta essencialmente por alternância de conglomerado com arenitos. Esta Formação depositou-se ao longo da costa, junto ao mar da ilha Timor e é composta por uma alternância de conglomerados, arenitos e calhaus dos sedimentos variados, muito compacta.

Na área do estudo a Formação de Suai aflora ao longo do mar e na região Beheda estende-se mais de 1 km pelo mar para sul da área estudada.

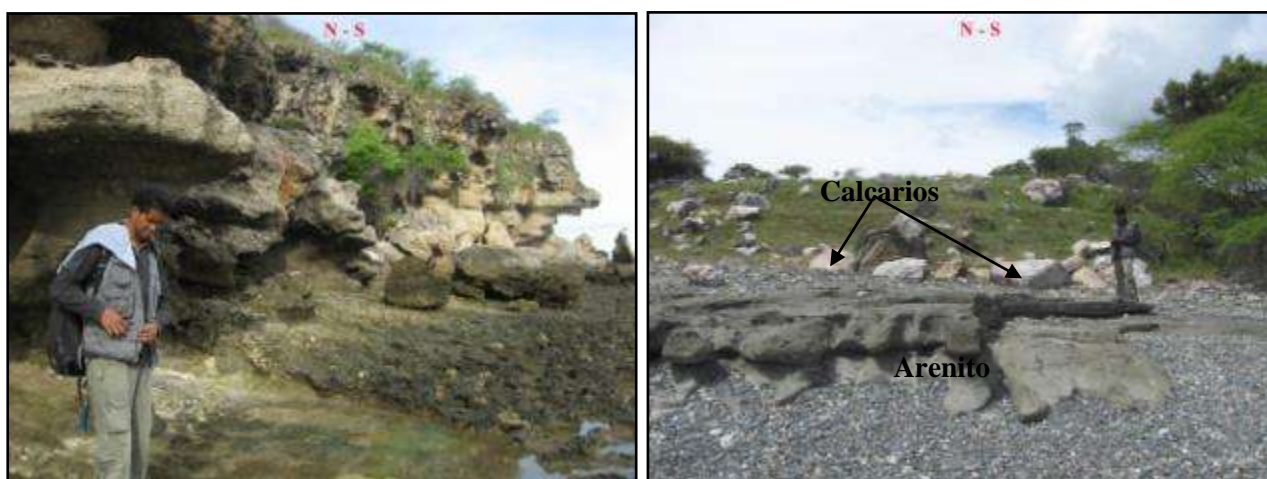


Figura 4.27- Alternância conglomerado e arenitos ao longo de mar em Beheda.



Figura 4.28- Alternância conglomerado e arenitos ao longo de mar em Beheda.

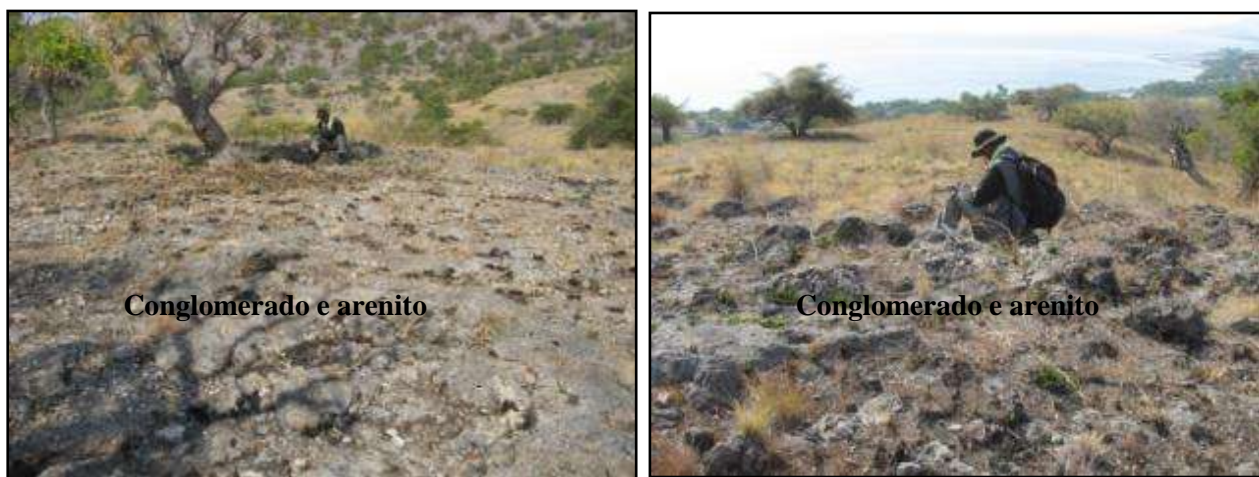


Figura 4.29- Afloramento Alternância conglomerado e arenitos 1 km de mar de Beheda para sul.

3. Aluviões

Na área do trabalho são poucos as aluviões que ocupam os rios secundários nas aldeias de Beheda, Behau, Mármore e também na área “Crocodilo subir” (Fig. 4.21). Estes aluviões são compostos por sedimentos fino argilitos e arenitos.



Figura 4.30 Aluviões.

IV.5. Estrutura Geológica da Área Em Estudo

A análise estrutural da área em estudo foi baseada nos dados cartográficos recolhidos no campo, na interpretação de fotografias aéreas e nos mapas topográficos.

No campo, recolheram-se os dados geométricos de todas as estruturas observadas. Os dados de estratificação foram obtidos nas formações Aileu, Wailuli e Suai. Assim obtiveram-se na formação de Aileu 135 dados, referentes à estratificação (S0) com média de N 321°; 74° E. A maior parte na Formação de Aileu apresenta dobras, particularmente nos mármorees onde os eixos têm a seguinte atitude média 26° > 138° (Fig. 4.31. As mediações foram realizadas em afloramentos de gabro, anfíbolito, basalto, epidotito e mármorees. Os dados referentes à estratificação (S0) na Formação de Wailuli (18 medições) e Suai (6 medições). (Tabela 4.1 e Tabela 4.2).

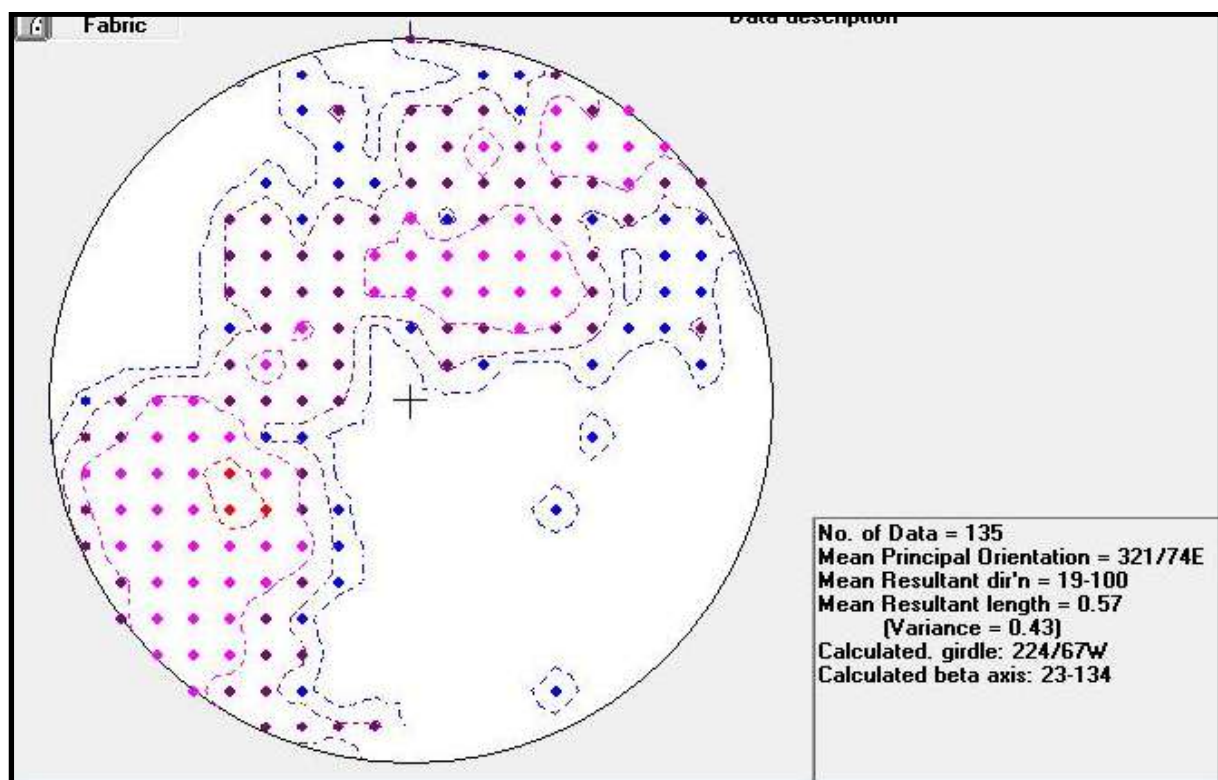


Figura 4.31 Projecção dos dados da estratificação (S0) da área do trabalho na Formação Aileu no programa Georiente estão representados os polos das 135, a média obtida é N 321°; 74° E.

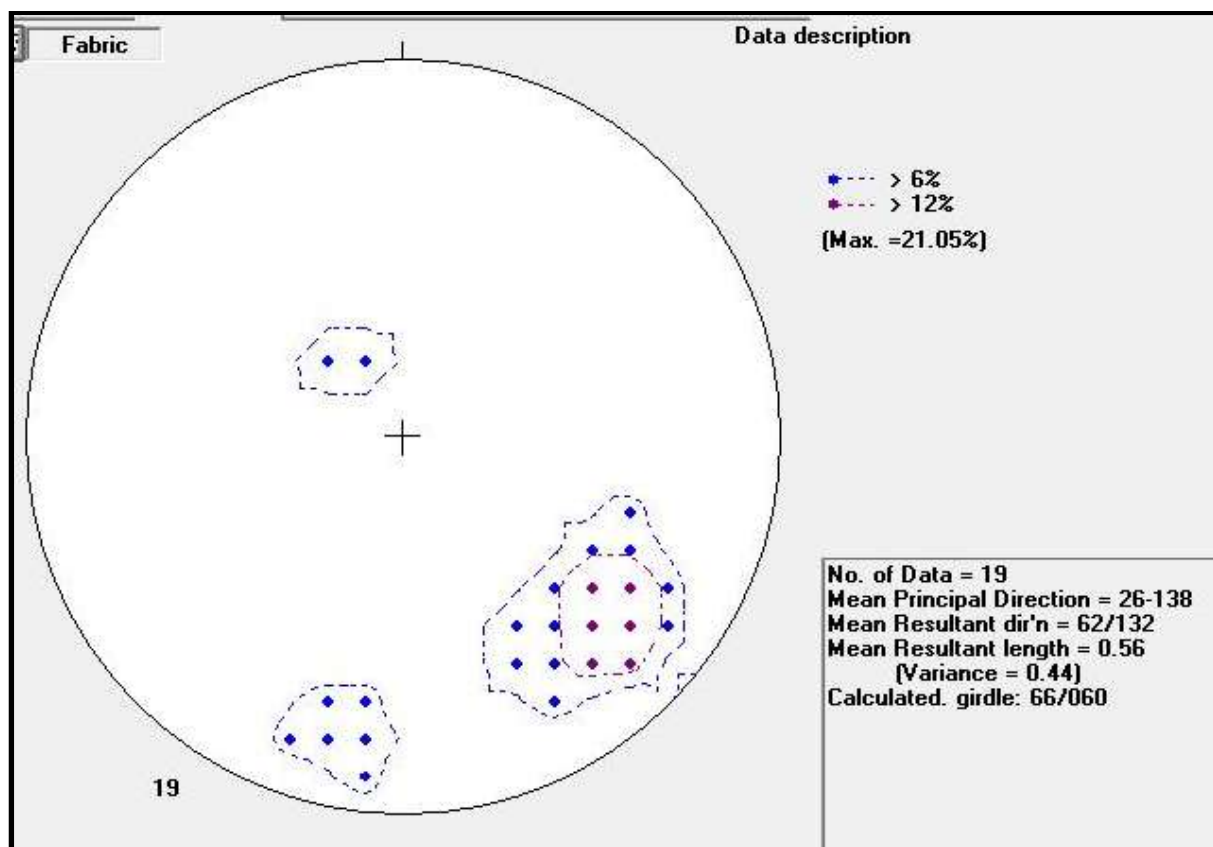


Figura 4.32 Diagrama de contornos de densidade, a partir da projecção dos 22 eixos das dobras. O valor médio obtido é 26°, 138°.

Tabela 4.1 - Os dados da estratificação (So) da área do trabalho na Formação Wailuli

Direção	Inclinação	
328	10	Sw
84	74	S
28	48	SW
14	12	SE
28	32	SE
26	46	SE
38	60	SE
60	60	S
28	78	N
310	36	E
82	32	S
38	48	SE
80	46	S
42	50	S

Tabela 4.2 - Os dados da estratificação (So) da área do trabalho na Formação Suai

Direção	Inclinação	
88	30	NE
300	8	NE
280	16	N
308	10	NE
38	88	N
44	20	NE
332	42	N

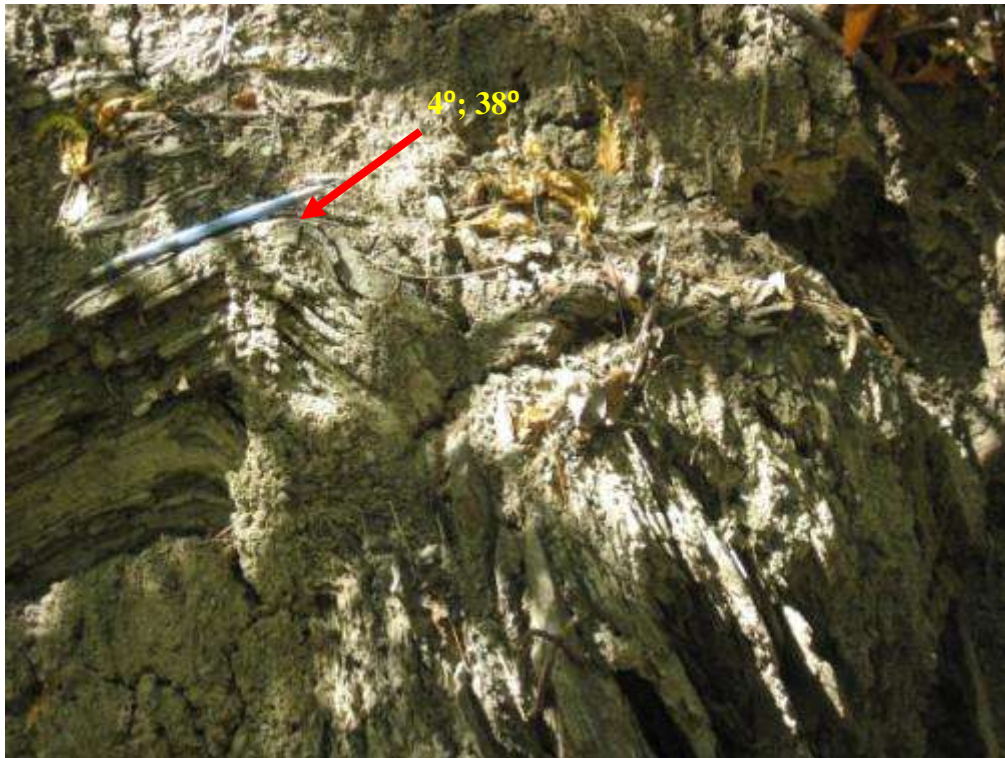


Figura 4.33 - Eixo de dobra em argilitos na ribeira Luli Beheda.



Figura 4.34- Eixo de dobra nos calcarenitos na ribeira Luli Beheda.



Figura 4.35– Eixo de dobra nos gabros e anfibolitos no Subão Grande.



Figura 4.36 – Eixo de dobra nos mármore impuros na “aldeia Mármore”.



Figura 4.39 – Eixo de dobra em gabros e anfibolitos na aldeia Behau.



Figura 4.40 – Eixo de dobra em gabros, anfibolitos e mármore impuros na “região mármore”



Figura 4.39 – Eixo de dobra em gabros e anfibolitos na região Subão Kiik.



Figura 4.40 – Eixo de dobra em mármore impuro no monte do Hilimano

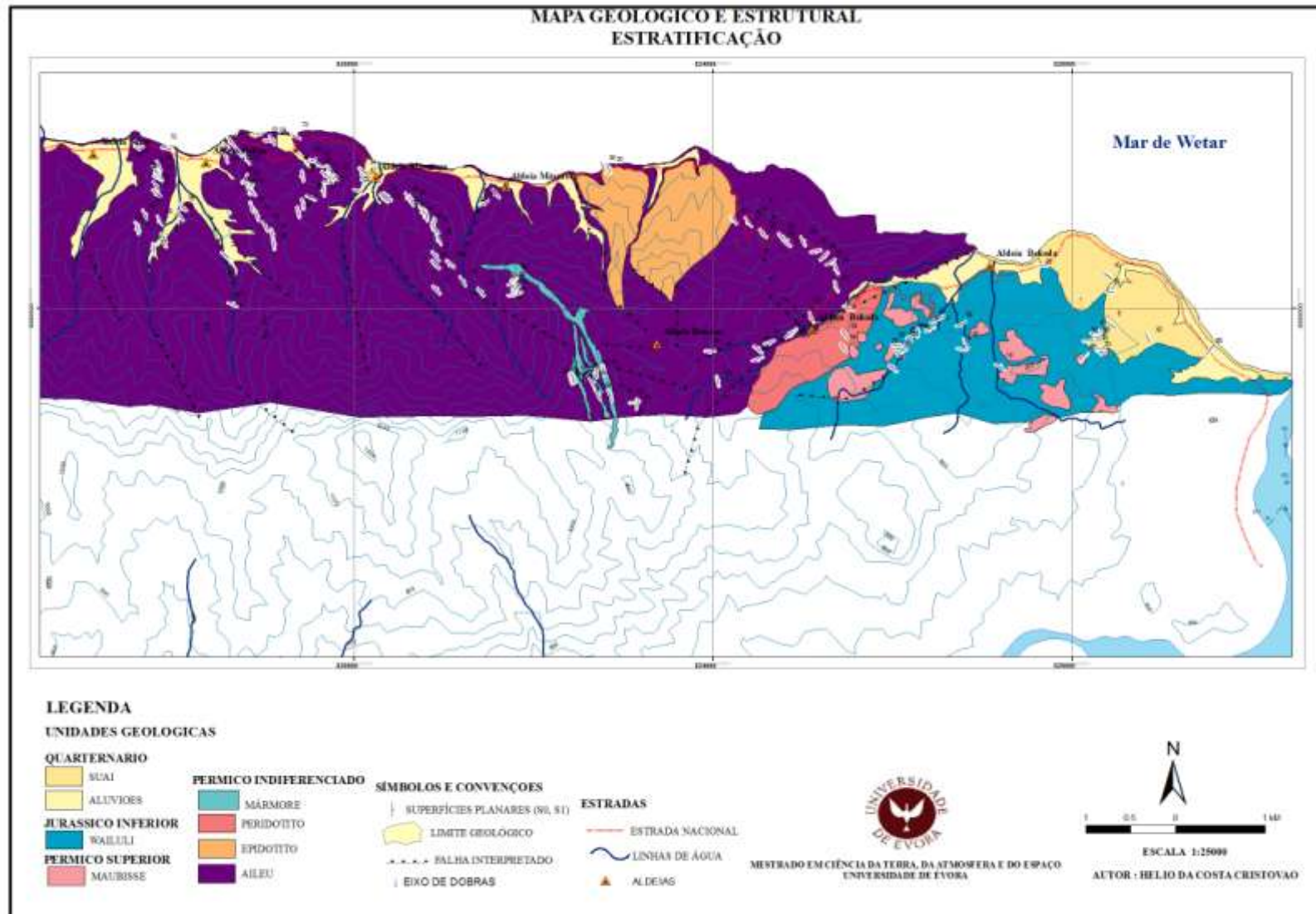


Figura 4.41 - Mapa Geológico e Estrutural com representação das falhas e estratificação

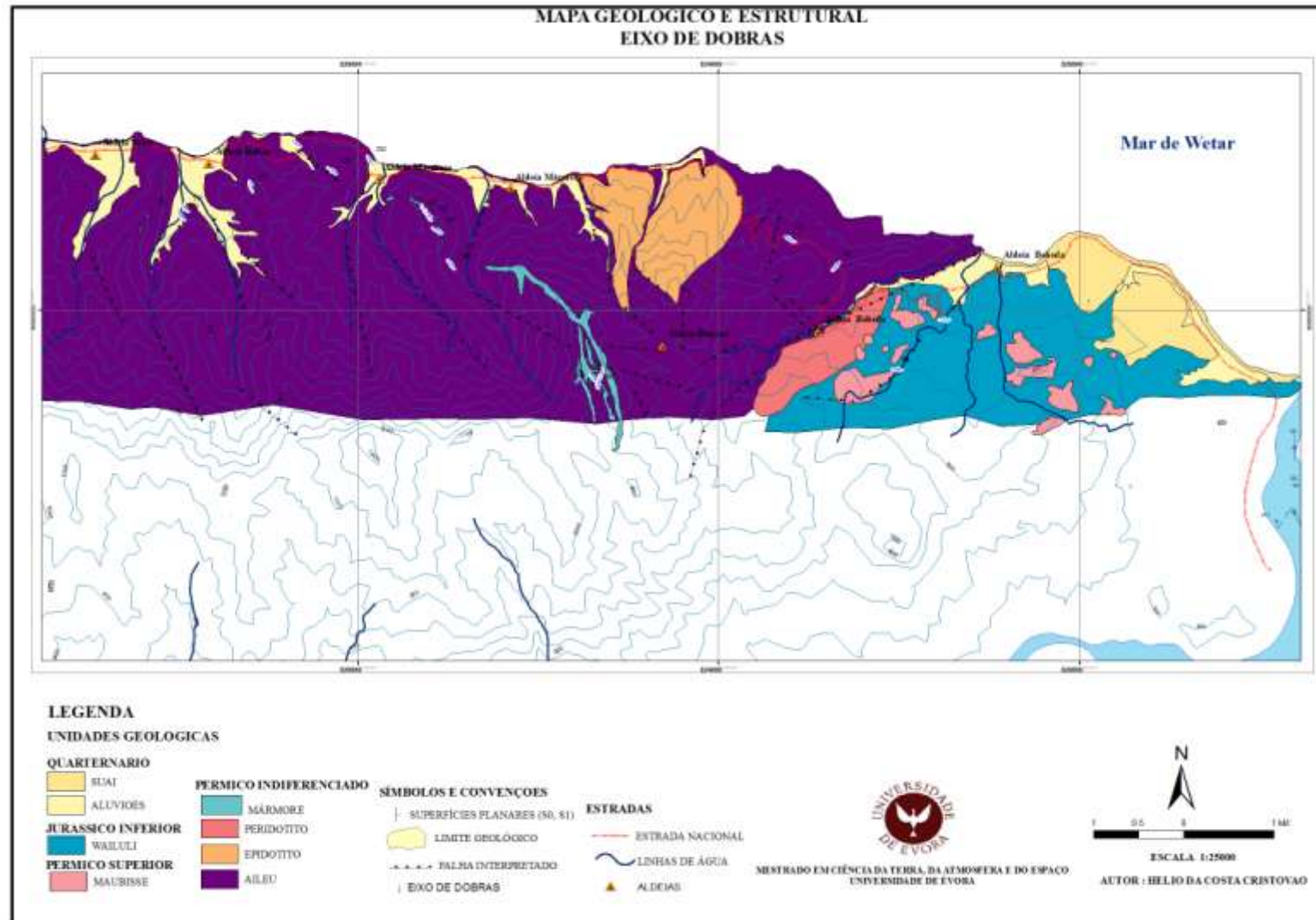


Figura 4.42 - Mapa geológico e estrutural com representação das falhas e eixo de dobras.

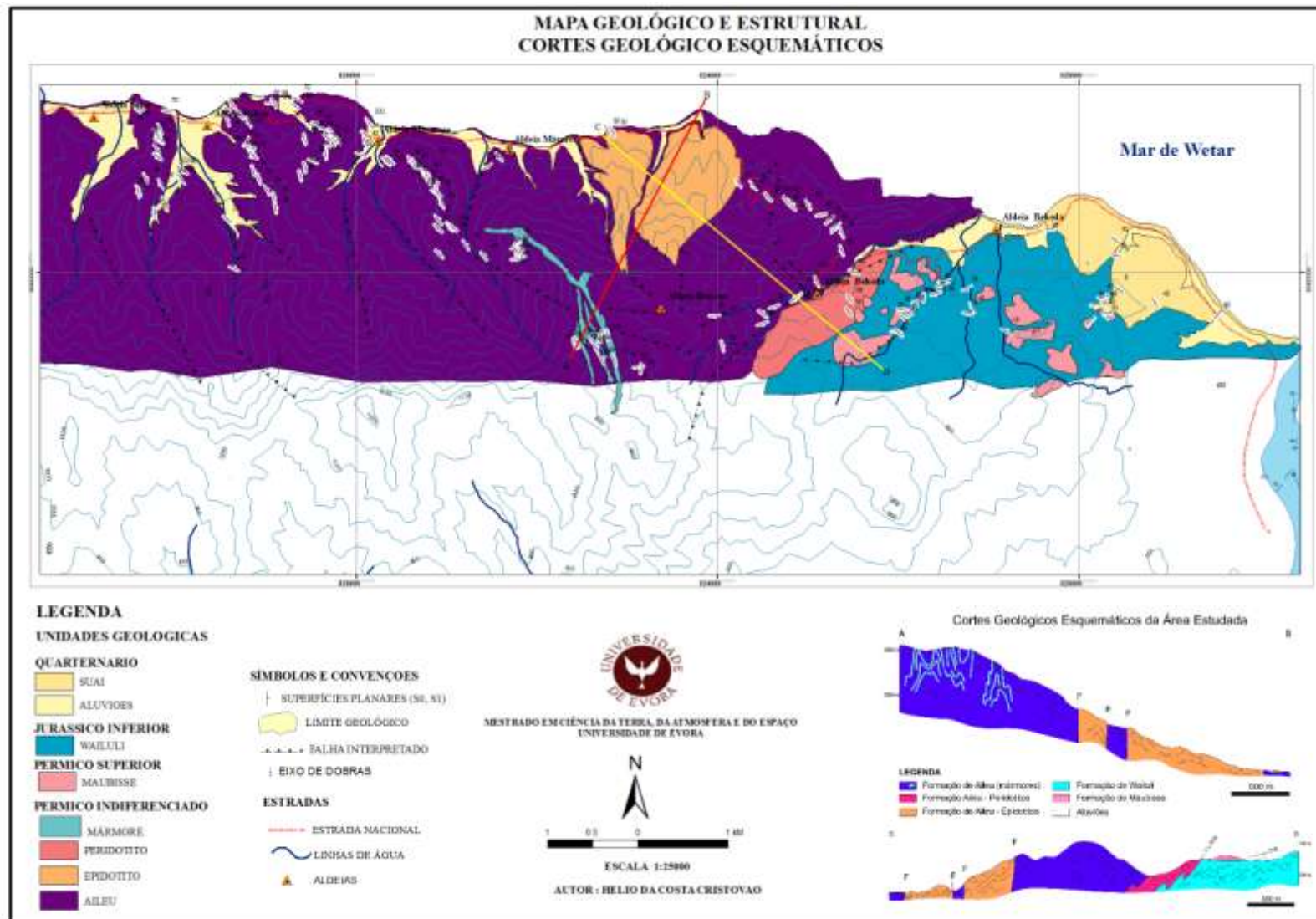


Figura 4.43 – Localização dos cortes geológicos esquemáticos da área estudada

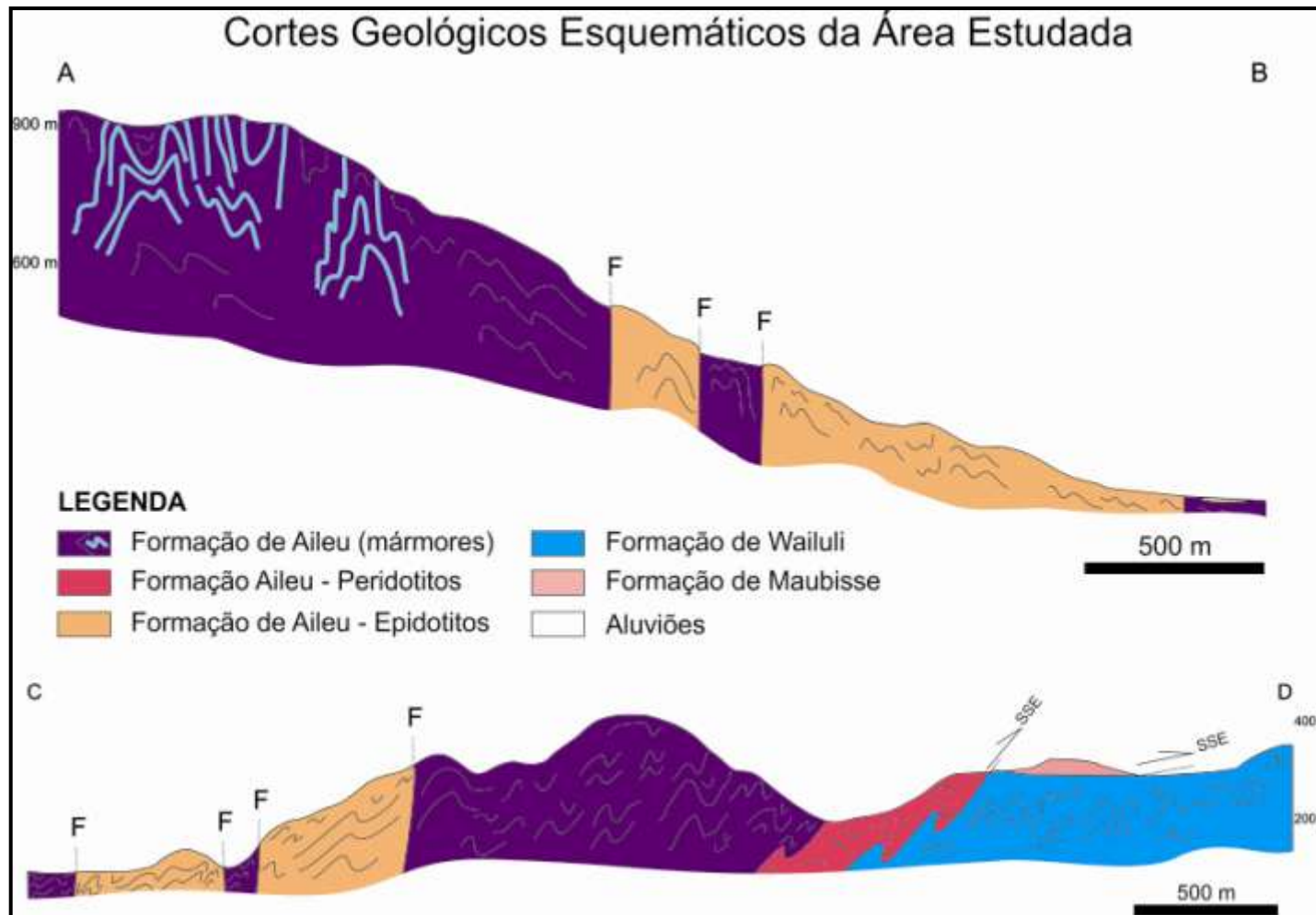


Figura 4.44 – Cortes geológicos esquemáticos da área estudada

IV. 6. Petrografia

Os estudos petrográficos das amostras recolhidas no campo realizaram-se com o objectivo de identificar as variações composicionais e mineralógicas das rochas de cada formação representada na área em estudo. Para tal foram seleccionadas cerca de 20 amostras a partir das quais se elaboraram lâminas delgadas.

As rochas podem ser classificadas utilizando as normativas da IUGS (Subcomission on the Systematics of Igneous Rocks, Commission on Petrology, International Union of Geological Sciences) e também a classificação de Streckeisen (Fig. 4.47). Actualmente, a classificação de rochas ígneas é baseada na textura, granulometria, e composição mineralógica quantitativa, e subordinadamente na textura específica, composição química, génese, modo de ocorrência, etc. A granulometria é representada pelas categorias grosseira, média e fina, e a composição mineralógica é pelo índice de cor, proporção entre feldspato alcalino e plagioclase, composição da plagioclase, etc.

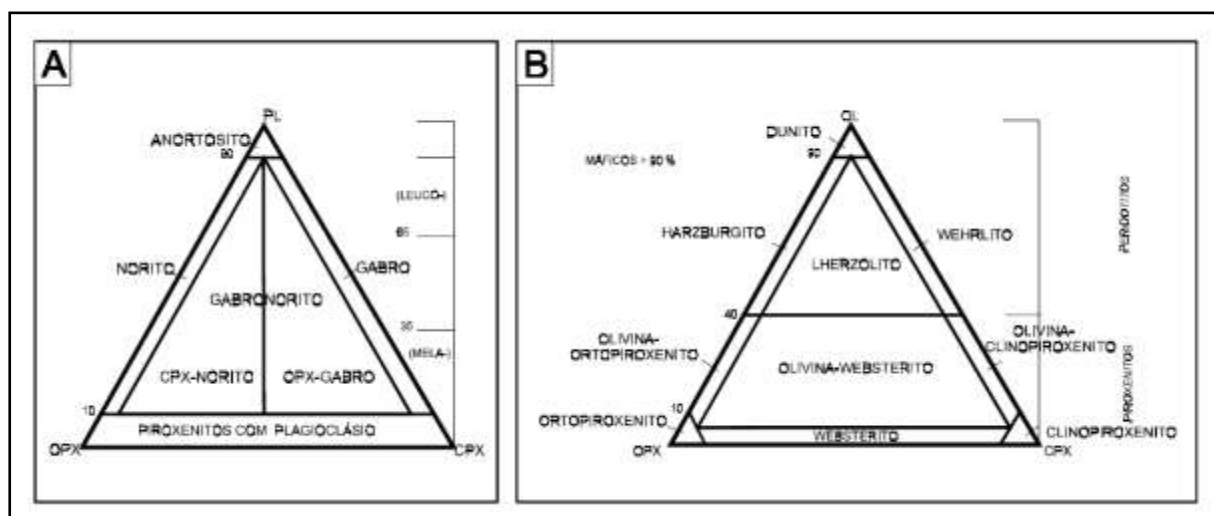


Figura 4.46- Classificação de rocha máficas (a) e ultramáficas (b) (Streckeisen, 1976).

As rochas foram classificadas em três grupos – Rochas Ígneas; Metamórficas e Sedimentares, do seguinte modo:

1. Rochas ígneas

a. Anfibolitos



(HC-A3-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15.



(HC-A3-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15.

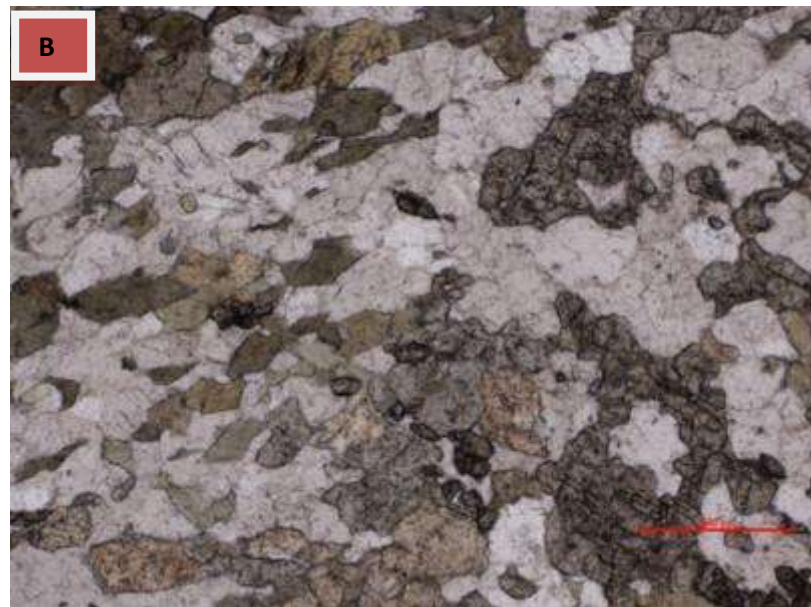
Figura 4.47 – (A) Anfibolitos com nicóis cruzados e (B) com nicóis paralelos.

- Minerais identificados: Anfíbola, plagióclase, biotite, quartzo e minerais opacos.
- Textura fanerítica, holocristalina grosseira.

b. Gabro



(HC-A1-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15

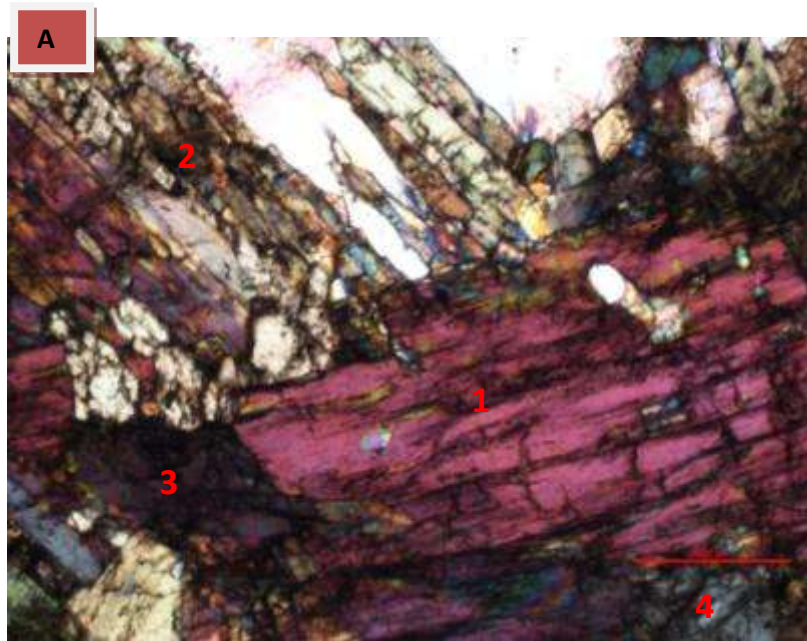


(HC-A1-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

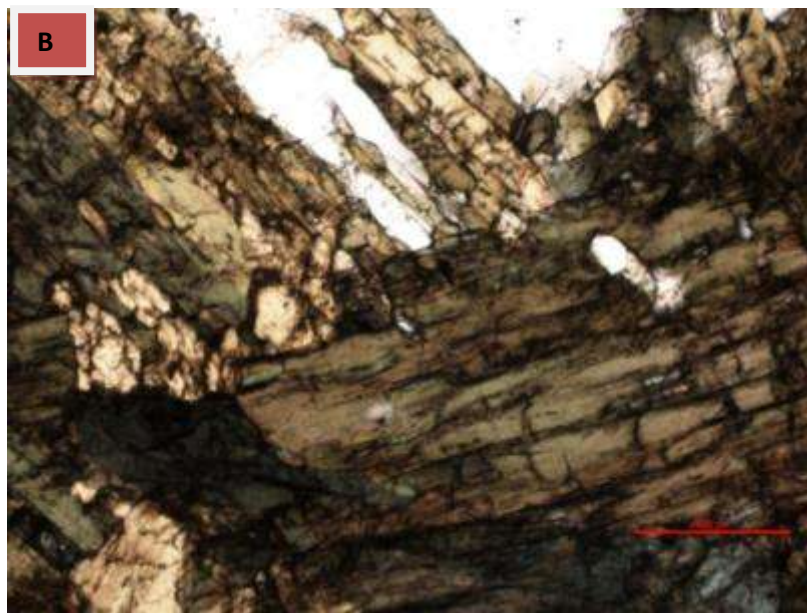
Figura 4.48– (A) Peridotito com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Plagioclase, piroxena, minerais opacos, biotite, clorite
- Textura fanerítica, holocristalina grosseira.

c. Peridotito



HC-1B-5X-NX, LU Plan Fluor 5X/0.15

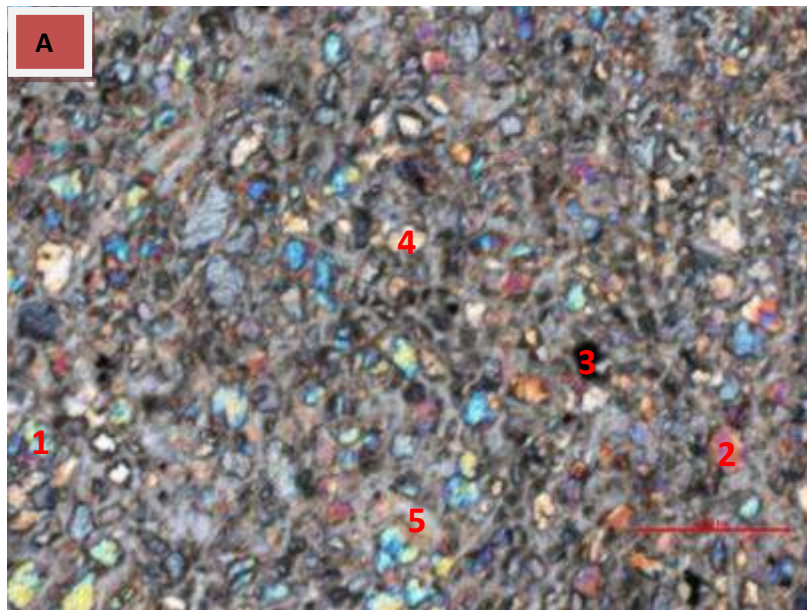


HC-1B-5X-NP, LU Plan Fluor 5X/0.15

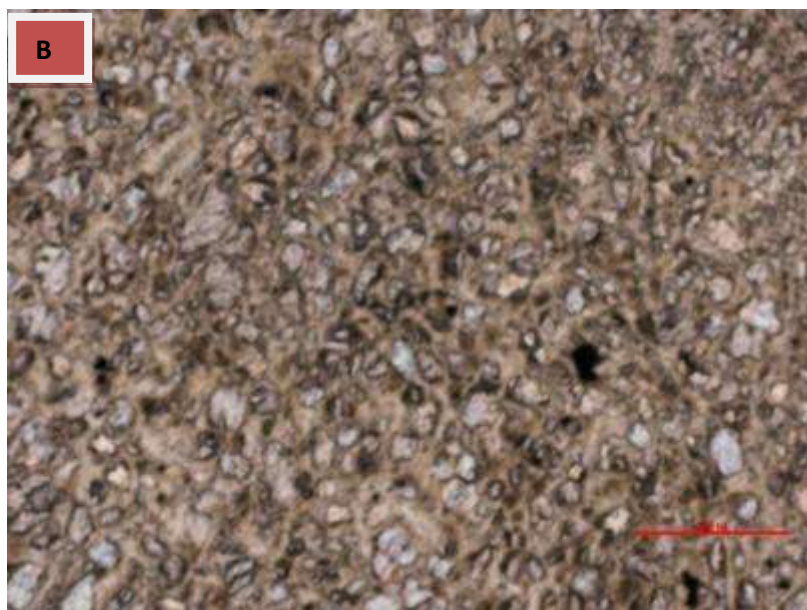
Figura 4.49– (A) Gabro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Plagioclase, piroxena, anfíbola, moscovite, plagióclase, minerais opacos, etc.
- Textura fanerítica, holocristalina grosseira.

d. Epidotito



(HC-EPI-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15



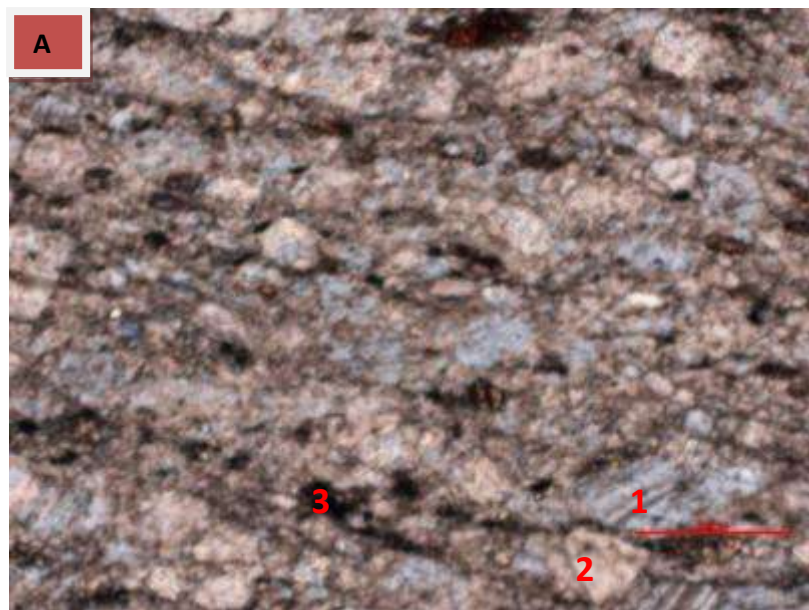
(HC-EPI-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

Figura 4.49 (A) Epidotito com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

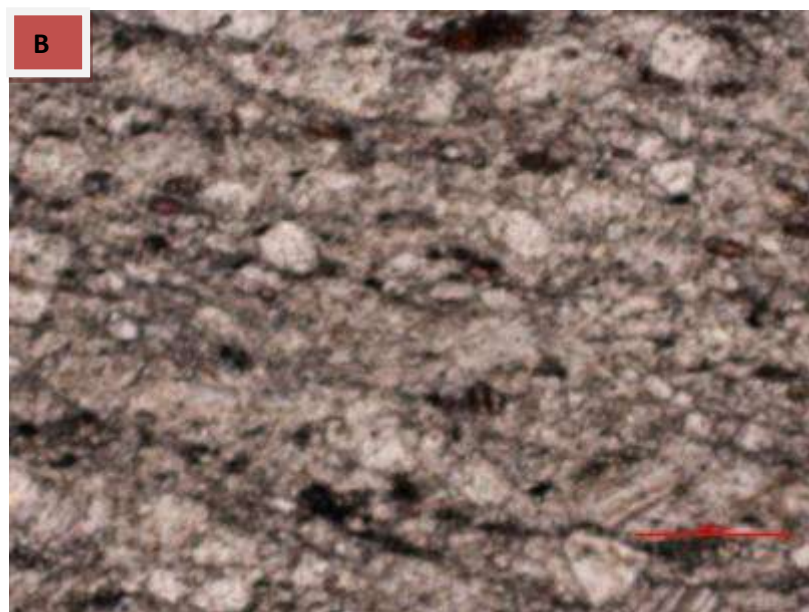
- Minerais identificados: Epidoto, plagioclase, biotite, moscovite, minerais opacos, quartzo.
- Textura fanerítica, holocristalina média.

2. Rochas Metamórficas

a. Mármore impuro



(HC-M1-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15

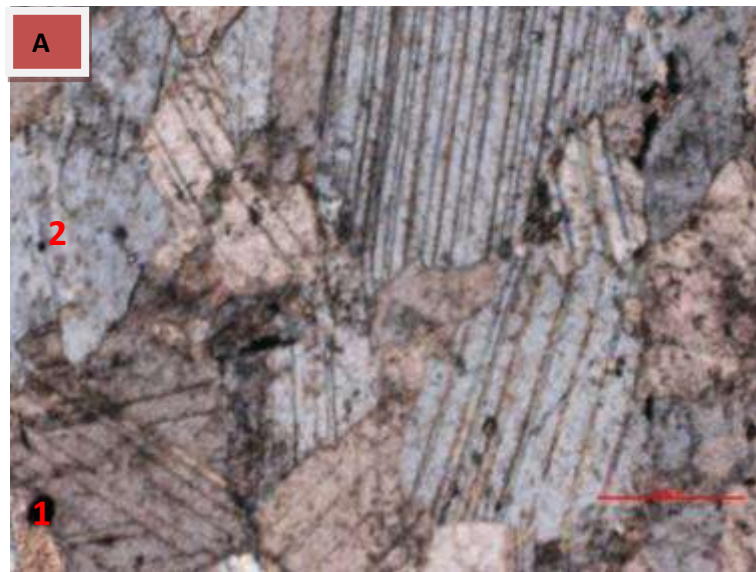


(HC-M1-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

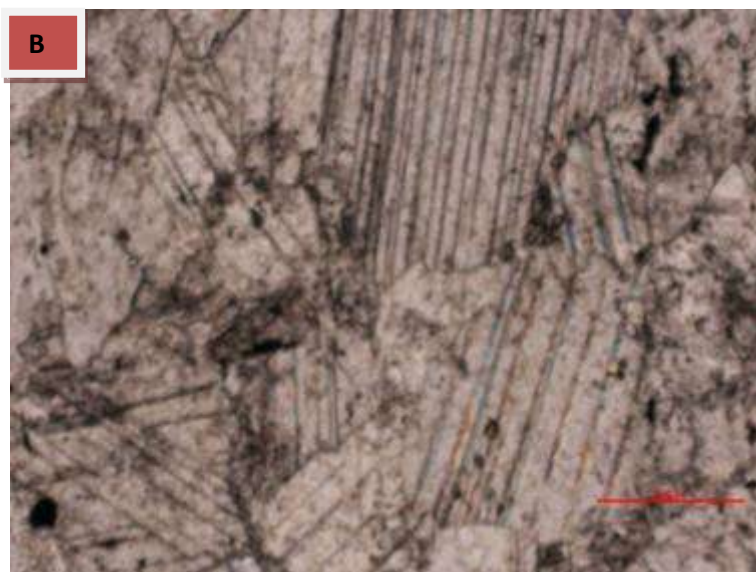
Figura 4.51 – (A) Mármore impuro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Calcite, minerais opacos, quartzo e plagioclase.
- Textura granoblástica, holocristalina média.

b. Mármore branco



(HC-M3-5X-NX) , LU Plan Fluor 5X/0.15



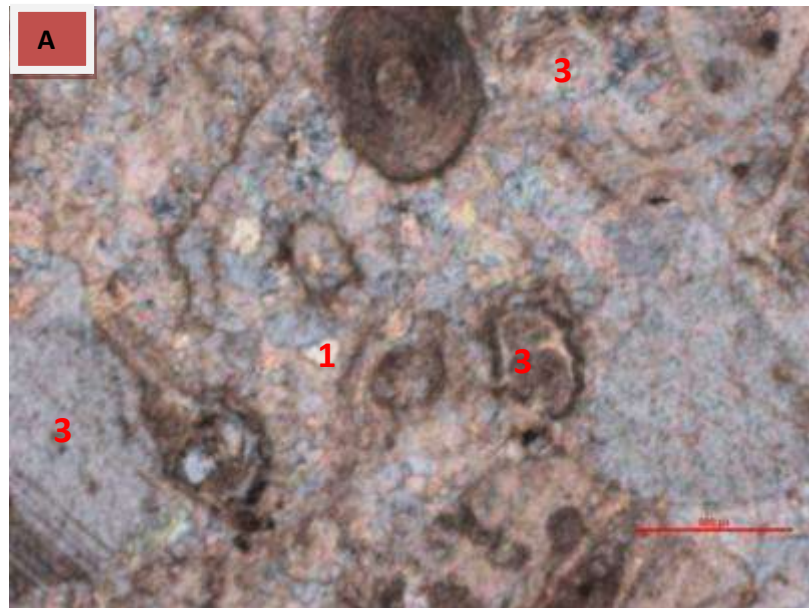
(HC-M3-5X-NP) , LU Plan Fluor 5X/0.15

Figura 4.52 – (A) Mármore impuro com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

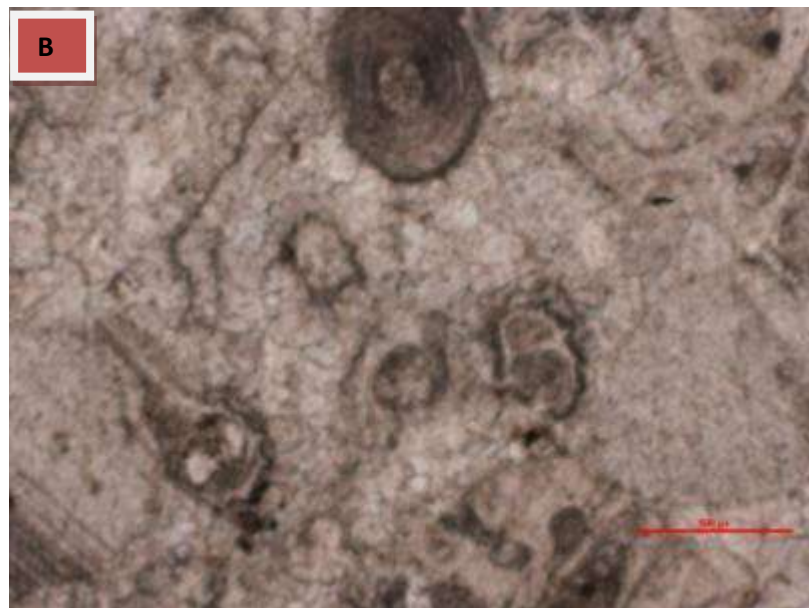
- Minerais identificados: Calcite, minerais opacos e quartzo.
- Textura granoblástica, holocristalina grosseira.

3. Rochas sedimentares

a. Calcário creme



(HC-M2-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15

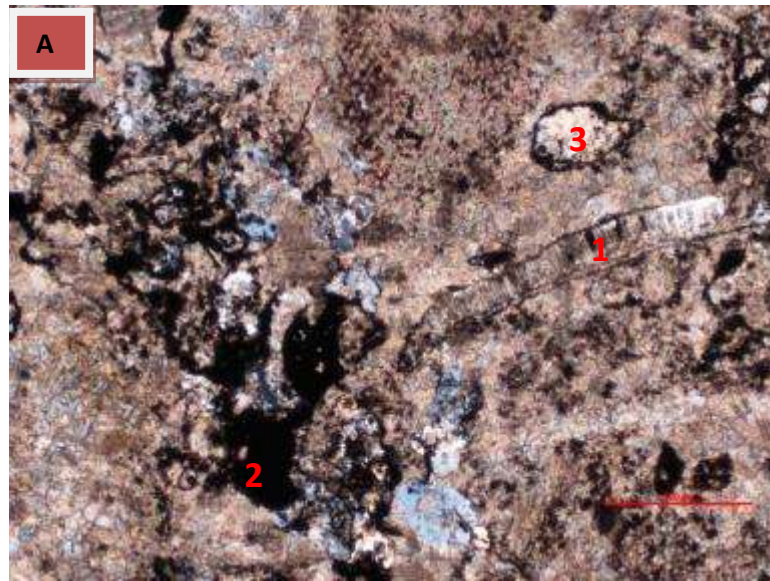


(HC-M2-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

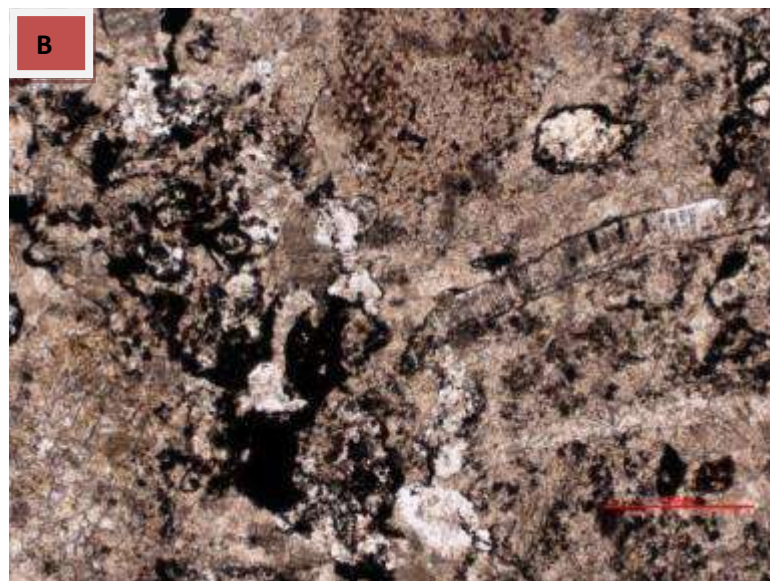
Figura 4.52– (A) Calcário creme com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Calcite.
- A rocha apresenta uma textura cristalina esparítica com abundantes elementos figurados, nomeadamente oólitos, crinóides e fragmentos de outros fósseis.

b. Calcário vermelho



(HC-C1-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15

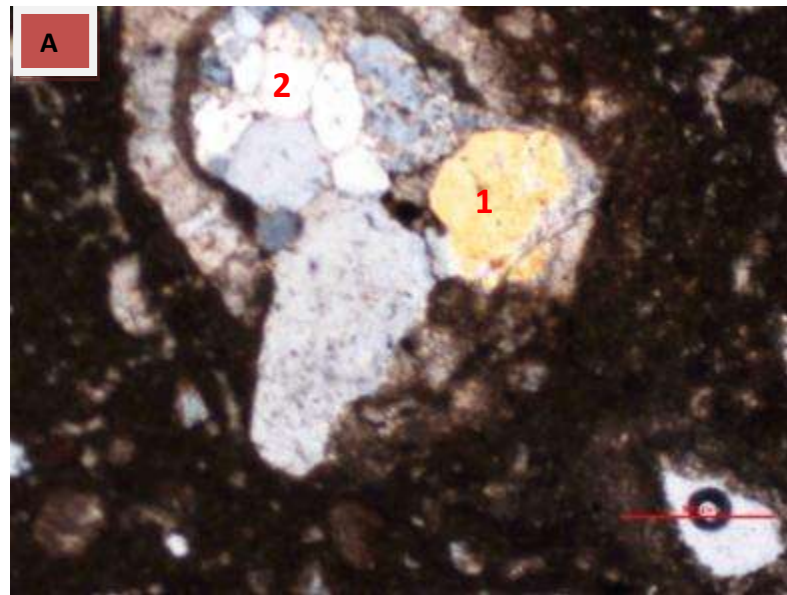


(HC-C1-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

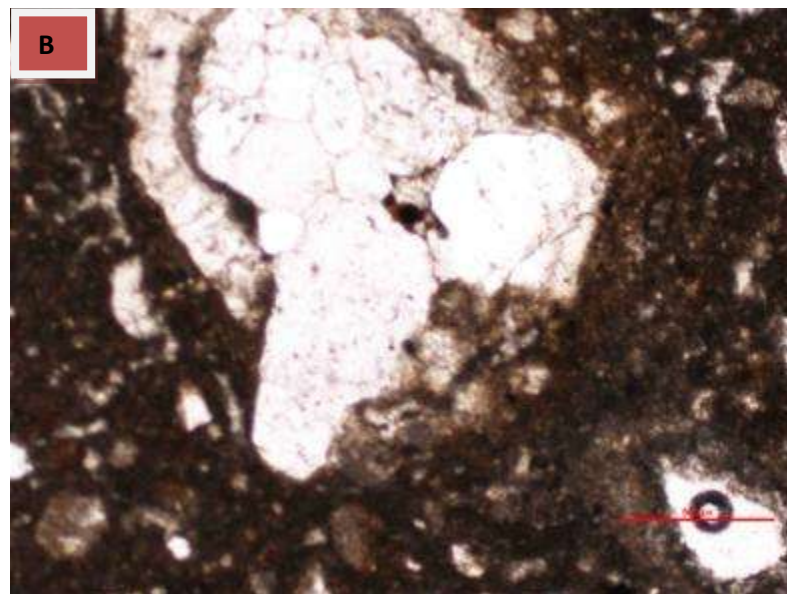
Figura 4.54 – (A) Calcário vermelho com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Calcite, minerais opacos.
- A rocha apresenta uma textura cristalina esparítica com abundantes elementos figurados, nomeadamente oólitos, fragmentos de lamelibrânquios e de outros fósseis carbonatados.

c. Conglomerado



(HC-Cong-5X-NX), LU Plan Fluor 5X/0.15



(HC-Cong-5X-NP), LU Plan Fluor 5X/0.15

Figura 4.55 – (A) Conglomerado com nicóis cruzados (NX) e (B) com nicóis paralelos (NP).

- Minerais identificados: Calcite, quartzo, moscovite, minerais opacos, etc.
- A rocha apresenta uma textura detrítica com clastos de quartzo envolvidos por calcite.

V. CONCLUSÕES

A cartografia geológica realizada na parte leste da região Beheda permitiu identificar bem os afloramentos e os contactos geológicos das diferentes rochas que ocorrem na região, nomeadamente: calcários; peridotitos; alternância argilitos e arenitos, alternância de conglomerados com arenitos, aluviões e lavas em almofada. Deste modo foi possível separar as rochas sedimentares das rochas ígneas ou seja, cartografar o limite entre a Formação de Wailuli e a Formação de Aileu. Na parte oeste da região Beheda também foi possível identificar os afloramentos de rochas com potencial ornamental, em especial os mármore na região de Behau, mármore e epidotitos na “região Mármore” e a continuidade dos afloramentos de mármore branco desde a “região Mármore” até ao monte de Ilimano a sul da aldeia Beheda.

A análise dos afloramentos e o estudo petrográfico permitiu a identificação das seguintes rochas e minerais: gabro, anfibolito, manganés, epidotito, e quartzo que acompanham os níveis de mármore na região estudada.

Na área estudada também foi possível cartografar alguns recursos minerais metálicos, por exemplo Cromite e Magnetite, que são indicadores claros para a possibilidade de ocorrerem depósitos minerais metálicos com interesse económico.

Os dados estruturais referentes à estratificação deram uma orientação média de N329°; 45°SW e a análise dos eixos das dobras 20°, 131°. Estes valores apontam para que as estruturas principais se tenham formado acompanhando o movimento da Placa Australiana de encontro ao Arco de Banda. As falhas mais tardias apresentam orientação NNW-SSE e movimento lateral esquerdo, o que também acaba por estar de acordo com o esperado para os movimentos atrás referidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, M.J. & Chamalaun, F.H. 1976. Geology and geochronology of Pliocene volcanics on Atauro and Oecusse, Timor (abs.). *25th Int. Geol. Congr., Sydney, 1976, Abs.* **1**, 43.
- Audley-Charles, M.G. 1961. The geology of Western Portuguese Timor. Unpublished report to Timor Oil Ltd. 40 pp. [Held in INETI library, Lisbon].
- Audley-Charles, M.G. 1968. The geology of Portuguese Timor. *Mem. Geol. Soc. Lond.* **4**.
- Audley-Charles, M.G. 2004. Ocean trench blocked and obliterated by Banda forearc collision with Australian proximal continental slope. *Tectonophysics* **389**, 65-79.
- Barber, A.J., Audley-Charles, M.G. & Carter, D.J. 1977. Thrust tectonics on Timor. *J. Geol. Soc. Aust.* **24**, 51-62.
- Berry, R.F. 1979. *Deformation and Metamorphism of the Aileu Formation, East Timor*
- Berry, R.F. & McDougall, I.A. 1986. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K/Ar dating evidence from the Aileu Formation, East Timor, Indonesia. *Chem. Geol.* **59**, 43-58.
- Berry, R.F. & Grady, A.E. 1981a. Deformation and metamorphism of the Aileu Formation, north coast, East Timor, and its tectonic significance. *J. Struct. Geol.* **3**, 143-167.
- Berry, R.F. & Grady, A.E. 1981b. The age of major orogenesis in Timor. In: *The Geology and Tectonics of Eastern Indonesia* (edited by A.J. Barber & S. Wiryosujono). *GRDC Spec. Publ.* **2**, 171-181.
- Brouwer, H.A. 1942. Summary of the results of the expedition. In: *Geological Expedition to the Lesser Sunda Islands under the leadership of H.A. Brouwer* **4**, 345-402.
- Carter, D.J., Audley-Charles, M.G. & Barber, A.J. 1976. Stratigraphical analysis of an island arc-continental margin collision zone in eastern Indonesia. *J. Geol. Soc. Lond.* **132**, 179-198.
- Carter, D.J., Audley-Charles, M.G. & Barber, A.J. 1976. Discussion of 'Stratigraphical analysis of an island arc-continental margin collision zone in eastern Indonesia'. *J. Geol. Soc. Lond.* **132**, 358-361.
- Carter, D. J. [et al.] 1976. The structure of Timor. In: 25th International Geological Congress, Sydney, 16th-24th August, 1976, Abstracts **1**(1) : Precambrian Geology, 79-80.
- Carvalho, J.F. & Lisboa, J.V. 2005. Construction raw materials in Timor Leste and sustainable development. In: *Sustainable Minerals Operations in the Developing*

World, eds.

- Chamalaun, F.H. & Grady, A.E. 1978. The tectonic development of Timor: a new model and its implications for petroleum geology. *J. Aust. Petrol. Explor. Assoc.* **18**, 102-108.
- Charlton, T.R. 2002c. The structural setting and tectonic significance of the Lolotoi, Laclubar and Aileu metamorphic massifs, East Timor. *J. Asian Earth Sci.* **20**, 851-865.
- Neiva, J.M., 1955. Alguns mármore de Timor português. *Garcia de Orta* **3**(2), 205-209
- Fitch, T.J. & Hamilton, W. 1974. Reply to discussion by M.G. Audley-Charles & J. Milsom. *J. Geophys. Res.* **79**, 4982-4985.
- Gageonnet, R. & Lemoine, M. 1958. Contribution a la connaissance de la geologie de la province portugaise de Timor. *Estud. Ensaaios Docum. Jta. Invest. Ultramar* **48**, 1-138.
- Giani, L. 1971. *The Geology of the Belu District of Indonesian Timor*. Unpublished M.Phil. thesis, London University.
- Harris, R.A. 1998. *Processes of allochthon emplacement with special reference to the Brooks Range Ophiolite, Alaska, and Timor, Indonesia*. Unpublished Ph.D. thesis, London University.
- Harsolumakso, A.H. 1993. *Etude lithostratigraphique et structurale le long du transect Wini-Kolbano, à Timor ouest*. Thesis, Univ. de Nice-Sophia Antipolis. 259pp.
- Harsolumakso, A.H. & Villeneuve, M. 1993. Structural section of Timor: lithostratigraphical and structural study from central parts of West Timor (abs). *IAGI PIT* **22**, 82.
- Hunter, D.C. 1993. A stratigraphic and structural study of the Maubisse area, East Timor, Indonesia. M.S. thesis, West Virginia University.
- Leme, J. de Azeredo. 1963. The eastern end geology of Portuguese Timor. *Garcia de Orta* **11**, 379-388.
- Leme, J. de Azeredo. 1968. Breve ensaio sobre a geologia da provincia de Timor. *Curso de Geologia de Ultramar* **1**, 105-161.
- Monteiro, F. da Costa, 2003. *Late Triassic strata from East Timor: stratigraphy, sedimentology and hydrocarbon potential*. M.Sc. thesis, Auckland University.
- Rosidi, H.M.D., Suwitodirdjo, K. & Tjokrosapoetro, S. 1981. Geologic map of the Kupang-Atambua Quadrangles, Timor. 1:250,000. (And accompanying brochure). GRDC.

Soares. 1957, *Solos e Clima de Timor*

Villeneuve, M., Cornée, J.-J., Harsolumakso, A., Martini, R. & Zaninetti, L. 2005. Révision stratigraphique de l'île de Timor (Indonésie orientale). *Eclog. Geol. Helv.* **98**, 297-310.

Anexo

1. Mapa Geológico e Estrutural – Litologia
2. Mapa Geológico e Estrutural – Estratificação
3. Mapa Geológico e Estrutural – Eixo de Dobras
4. Mapa Geológico e Estrutural – Cortes Geológico Esquemáticos